Rodica Cuciureanu

Elemente de Igiena mediului

Ediția a II-a revizuită și adăugită

Editura
PERFORMANTICA
IAȘI 2009

RODICA CUCIUREANU

Elemente de IGIENA MEDIULUI

Ediția a II-a revizuită și adaugită

Scanned with OKEN Scanner

Editura PERFORMANTICA
Institutul Naţional de Inventică, Iaşi
performantica@inventica.org.ro
Iaşi, Bd. Carol I nr. 3-5
tel/fax: 0232-214763

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României:

Elemente de igiena mediului / Rodica Cuciureanu - Iaşi, Performantica 2010
ISBN: 978-973-730-672-2

Cuciureanu, Rodica

27.1(122)

Referenţi ştiinţifici:
Prof.dr. VASILE DORNEANU
Prof.dr. ANTONIEA POIATĂ

Tehnoredactare
Rodica CUCIUREANU

PERFORMANTICA

EDITURĂ ACREDITATĂ DE CNCSIS BUCUREŞTI, 1142/30.06.2003

Copyright © 2010
Toate drepturile asupra acestei ediţii sunt rezervate autorilor

Scanned with OKEN Scanner

„Dacă nu vom gospodări cu înţelepciune rezervele planetei şi nu vom ocroti natura, vom rămâne în cele din urmă singuri, pe o planetă pustie."

Ştefan Milcu

Prefaţă

„Mediul natural", adică aerul, oceanele, mările, lacurile, apele curgătoare, solul, subsolul şi formele de viaţă pe care aceste ecosisteme le creează şi le susţin reprezintă imaginea cea mai comună pe care omul şi-o face atunci când vorbeşte despre mediul înconjurător.

Mediul înconjurător se constituie ca o realitate pluridimensională care include nu numai mediul natural, dar şi activitatea şi creaţiile omului:

Omul este în acelaşi timp un "component" al mediului, dar şi "consumator", beneficiar al mediului.

- *Apa, aerul şi solul sunt resursele de mediu cele mai vulnerabile şi mai frecvent supuse agresiunii factorilor poluanţi, cu consecinţe directe si grave asupra sănătăţii omului şi a calităţii vieţii.*

„Apa este esenţială pentru sănătate. Dreptul la apă al omenirii este indispensabil pentru o viaţă sănătoasă şi civilizată. Este o condiţie care determină respectarea tuturor celorlalte drepturi ale sale" apreciază Comitetul Naţiunilor Unite pentru Drepturile Economice, Sociale şi Culturale.

Solul, ca şi aerul şi apa este un factor de mediu cu influenţă deosebită asupra sănătătii. De calitatea solului depinde formarea şi protecţia surselor de apă, atât a celei de suprafaţă şi mai ales a celei subterane.

Consecinţa imediată a poluării intense a mediului, şi în special a apei, în contextul generat de „încălzirea globală" este reprezentată de imposibilitatea de a asigura necesarul de apă pentru populaţia tot mai numeroasă a Globului.

Vorbim tot mai des de „stresul hidric" sau de „criza de apă", consecinţă a impurificării apei, astfel încât aceasta, intens poluată nu mai poate fi utilizată pentru asigurarea necesităţilor populaţiei.

În acelaşi timp, calitatea apei potabile este tot mai greu menţinută la parametrii normali, din cauza creşterii nivelului poluării surselor de apă potabilă existente. Pentru reducerea incidenţei bolilor hidrice şi a maladiilor „legate de apă ", Organizaţia Mondială a Sănătăţii recomandă, ca primă măsură, asigurarea accesului la apă corespunzătoare calitativ.

Cartea „Elemente de Igiena Mediului" prezintă succint problematica complexă a calităţii apei, aerului şi solului în perspectiva intensificării preocupărilor pentru proiecţia mediului.

Scanned with OKEN Scanner

Materialul este structurat în trei părţi. Capitolul referitor la apă abordează aspecte privind calitatea apei pentru consum uman, conform legislaţiei Uniunii Europene. Sunt prezentate maladiile hidrice provocate de prezenţa poluanţilor chimici sau agenţilor infecţioşi din apă.

Următoarele capitole includ problematica generală privind poluarea aerului şi solului, dar şi aspecte specifice privind chimismul atmosferei ca sursă de poluanţi.

Transferul poluanţilor dintr-un element de mediu în altul conduce şi la impurificarea produselor alimentare de origine vegetală sau animală, cu consecinţe directe asupra sănătăţii consumatorului.

Calitatea corespunzătoare a elementelor mediului ambiant este condiţia esenţială pentru asigurarea securităţii alimentare a populaţiei.

Lucrarea se adresează în primul rând studenţilor Facultăţii de Farmacie, dar şi specialiştilor implicaţi în activitatea de ocrotire a sănătăţii publice.

Prin supravegherea permanentă şi competentă a calităţii elementelor de mediu, contribuim cu toţii la îmbunătăţirea calităţii vieţii.

Profesor Rodica Cuciureanu

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

Capitolul I

Apa – element de mediu

1.1. Apa în natură 1
1.2. Apa principiu nutritiv 2
1.3. Importanţa apei pentru activitatea umană 3
1.4. Categorii de apă 5
1.5. Proprietăţile apei 7
1.6. Compoziţia chimică a apei 13
1.7. Poluarea apei 22
1.8. Autopurificarea apelor 26
1.9. Apa potabilă. 28
1.9.1. Surse de apă potabilă 28
1.9.2. Prelucrarea apei în scop potabil 31
1.9.2.1. Sectorul de captare 31
1.9.2.2. Tratarea apei 31
1.9.2.3. Dezinfecţia apei 41
1.9.3. Corectarea parametrilor fizico - chimici ai apei 55
1.9.4. Cercetarea eficienţei staţiilor de tratare a apei 70
1.9.5. Calitatea apei 70
1.9.6. Condiţii de potabilitate a apei 74
1.10. Apa reziduală 76
1.10.1. Clasificarea apelor reziduale 76
1.10.2. Efectele apelor reziduale asupra mediului ambiant. 78
1.10.3. Colectarea [i transportul apelor reziduale 79
1.10.4. Purificarea apelor reziduale 80
1.10.5. Dezinfecţia apelor reziduale 88
1.10.6. Deversarea efluenţilor reziduali 89
1.11. Calitatea apei şi patologia umană 89
1.11.1. Patologia hidrică neinfecţioasă 89
1.11.2. Microbiologia apei 106
1.11.3. Patologia hidrică de natură infecţioasă 114
1.11.4. Maladii "legate de apă" 123

Capitolul II

Aerul atmosferic – element de mediu

2.1. Compoziţia chimică a aerului 128
2.2.Influenţa aerului atmosferic asupra organismului uman . . . 130
2.3. Poluarea aerului atmosferic 134
2.4.Clasificarea poluan]ilor aerului atmosferic 137
2.4.1. Poluarea fizică - poluarea sonoră 138
2.4.2. Poluanţi de natură biologică din aer 139
2.4.3. Poluan]i atmosferici de natură chimică 141
2.5. Factori care condiţionează poluarea şi autopurificarea aerului atmosferic 143
2.5.1. Factori fizici 144
2.5.2. Factori geografici 145

Scanned with OKEN Scanner

2.5.3. Factori urbanistici 146
2.5.4. Factori chimici 146
2.5.4.1. Poluanţi primari 147
2.5.4.2. Poluanţi secundari; smogul oxidant; formarea ozonului 150
2.6. Factori care condiţionează efectul substanţelor poluante asupra organismului uman 156
2.7. Efectele poluării aerului asupra mediului ambient 157
2.8. Incălzirea globală -consecinţă a poluarii atmosferice 158
2.9. Măsuri de prevenire şi combatere a poluării aerului 163
Capitolul III
Solul – element de mediu
3.1. Proprietăţile fizice ale solului 167
3.2. Structura solului 171
3.3. Componentele solului 172
3.4. Poluarea solului 179
3.5. Indicatorii poluării chimice a solului 184
3.5.1. Indicatori direcţi 185
3.5.2. Indicatori indirecţi. 185
Anexe 187
Bibliografie selectivă 205

Scanned with OKEN Scanner

APA – ELEMENT DE MEDIU

Apa determină natura lumii fizice şi biologice pe planeta noastră şi reprezintă cea mai importană şi cea mai raspandită substanţă chimică. În natură, apa se gaseşte în toate cele trei stări de agregare: sub forma de vapori în atmosferă, sub forma lichidă în râuri, mări şi oceane şi sub formă solidă în zapadă şi în gheaţă.

Apa este un constituent major al corpului animal si al mediului înconjurator; alături de aer, reprezintă factorul de mediu absolut indispensabil vieţii; apa reprezintă o componentă esenţială a materiei vii, indiferent de gradul de organizare. Pe de altă parte, apa este principiul alimentar de bază pentru vieţuitoare; în prezenţa apei se desfăşoară toate procesele vitale.

1.1. Apa în natură

Peste 2/3 din suprafaţa terestră este ocupată de mări şi oceane, care formează Oceanul Planetar; datorită acestui fapt, Terra este supranumită şi "planeta albastră".

Din suprafaţa totală a Pământului, evaluată la 510,10 milioane km^2, Oceanul Planetar ocupă 361,07 milioane km^2, adică 70,8%.

Apa existentă la suprafaţa Pământului constituie hidrosfera, care poate fi considerată un înveliş continuu care acoperă în jur de trei sferturi din suprafaţa globului pământesc. Se poate spune ca apa se găseşte peste tot şi sub diferite forme: vapori, zăpadă, gheată, ploaie, cursuri de apă, mări, oceane, lacuri, ape subterane, fără a uita apa prezentă în structura solului şi a ţesuturilor vegetale şi animale. Toate aceste forme participă la ceea ce este cunoscut sub numele de "circuitul apei în natură".

Se consideră că, de când există pe Pământ, de aproximativ 4 miliarde de ani, cantitatea totală de apă aflată pe planetă, evaluată la 1 400 milioane de km^3, nu s-a schimbat; acest volum de apă, care se transformă necontenit dintr-o formă în alta, de la vapori, la apă lichidă sau gheaţă, perpetuează ciclul etern al apei.

Datorită temperaturilor ridicate, apele de la suprafaţă se evaporă, trecând în atmosferă sub formă de vapori. Apa rezultată din respiraţia vieţuitoarelor, apa de la suprafaţa vegetaţiei, precum şi apa conţinută în porii solului se evaporă în atmosferă. Vaporii de apă constituie umiditatea atmosferei şi alcătuiesc norii; aceştia, ridicându-se în straturile superioare ale atmosferei şi intâlnind zone mai reci, se condensează şi cad pe pământ sub formă de precipitaţii. O parte din aceste precipitaţii rămân la suprafaţa solului, constituind apele de suprafaţă, iar o altă parte pătrunde în sol, unde formează, deasupra straturilor impermeabile ale solului, pânzele de ape subterane (apa freatică).

Scanned with OKEN Scanner

Răspândirea surselor de apă pe glob este foarte neuniformă; în timp ce unele ţări au şansa de a poseda rezerve enorme care se refac în fiecare an, altele nu au apă suficientă şi sunt confruntate cu probleme serioase privind asigurarea necesarului de apă pentru nevoile directe ale populaţiei şi pentru scopuri economice.

Rezervele naturale de apă dulce sunt deţinute, în proporţie de 60% de 9 ţări: Brazilia, Rusia, Statele Unite, Canada, China, Indonezia, India, Columbia şi Peru. Dacă pentru Islanda rezervele de apă sunt excesive (unui locuitor îi revin 630 000 m^3/an), pentru Asia, care concentrează în jur de 60% din populaţia mondială revin 30% din resursele de apă dulce, iar Amazonia cu 0,3% din populaţie are la dispoziţie 15% din resurse. În mai mult de 20 de ţări din Africa de nord şi din Orientul Apropiat (perimetrul care se întinde de la Tunisia la Sudan şi Pakistan), resursele de apă sunt foarte reduse –1000 m^3/locuitor pe an.

Creşterea estimată a populaţiei în următorii ani atrage după sine creşterea corespunzătoare a necesarului de apă; cum rezervele de apă de pe Glob sunt relativ constante este pe deplin justificată îngrijorarea organismelor internaţionale privind imposibilitatea asigurării necesarului de apă pentru întreaga populaţie a Globului.

De altfel, problema apei în lume nu se referă numai la nivelul rezervelor, ci şi la calitatea apei; prin poluare intensă cantităţi semnificative de apă dulce sunt scoase din circuit. Paralel cu creşterea consumului de apă potabilă creşte şi volumul de ape reziduale, care nu întotdeauna pot fi purificate corespunzător cerinţelor impuse surselor de apă potabilă.

Creşterea semnificativă a necesarului de apă nu este numai efectul exploziei demografice la nivel mondial, al creşterii consumului de apă pentru nevoile individuale ale populaţiei, ci şi al dezvoltării industriale şi agricole fără precedent la începutul acestui mileniu. Suprafeţele agricole irigate au crescut de 5 ori faţă de începutul secolului trecut; numai în ultimii 40 de ani suprafeţele agricole irigate în ţări din Asia (China, India, Pakistan) şi Statele Unite s-au dublat.

În prezent, pe scară mondială, omul recolteaza pentru diferite scopuri în jur de 3 800 km^3 de apă dulce pe an.

1.2. Apa – principiu nutritiv

Faptul că apa reprezintă constituentul principal al organismelor vii sugerează importanţa sa în menţinerea vieţii. Se ştie ca organismul nu poate suporta o pierdere de apă care să depăşească 10-15% din cantitatea totală pe care o conţine.

Apa este necesară desfăşurării proceselor fiziologice normale din organism, ceea ce explică prezenţa sa în concentraţii crescute în organismul animal şi vegetal.

În organismul uman, apa se găseşte în concentraţii cuprinse între

Scanned with OKEN Scanner

72,2% (nou-născut de 0-6 luni) şi 50,8% (la vârsta de 71-84 de ani).

Apa este un aliment mineral de prima importanţă şi de compoziţia sa trebuie să se ţină seama când se apreciază valoarea nutritivă a regimurilor alimentare ale unei regiuni date.

Organismul uman îşi satisface nevoia de apă prin ingestie, sub formă de apă potabilă, diferite băuturi şi prin alimente în compoziţia cărora, apa întra în cantităţi variabile.

La omul sănătos, necesarul de apă este în raport direct cu cantitatea de apă eliminată de organism. Aceasta cantitate variază în funcţie de temperatura ambiantă, modul de viaţă, compoziţia alimentelor ingerate.

Necesarul de apă al organismului este de 1000-3000 mL/24 de ore la copil (la nou născut, 140 mL/kg corp) şi de 2000-2500 mL/24 de ore la adult (35 mL/kg corp).

Aceste cantităţi se asigură, mai ales, prin surse exogene şi anume:

- apă potabilă - 1300 mL/zi;
- consumul de alimente - 800 mL/zi.

1.3. Importanţa apei pentru activitatea umană

Omul utilizează apa nu numai pentru satisfacerea necesităţilor sale fiziologice ci şi pentru alte necesităţi directe, decorative, în scopuri economico-industriale, agricultură etc.

Necesităţi directe

Omul consumă apa pentru scopuri ca: igiena individuală, pregătirea hranei, spălatul vaselor etc.

Pe plan mondial consumul mediu de apă potabilă pentru o persoană este estimat la 40 L/zi; se apreciază că sunt suficienţi câtiva litri de apă pe zi/individ pentru a se spăla într-un lavoar, 30-80 L pentru un duş de 4-5 minute, 150-200 L pentru o baie în cadă, 80-120 L pentru spălatul hainelor, 10-15 L pentru pregătirea hranei, 5-15 L pentru spălatul vaselor manual şi 13-31 L pentru un ciclu de spălare a vaselor la maşină. Diferenţele consumului de apă pentru o persoană pot merge de la 10 litri pentru un agricultor dintr-o zonă săracă la 100-200 L sau chiar 300-400 L pentru un cetăţean dintr-o ţară puternic dezvoltată.

În funcţie de nivelul de civilizaţie şi de accesul la resursele materiale locuitorii din zonele urbane au acces la 230 L apă pe zi.

Se estimează că cei 230 L de apă sunt folosiţi astfel:

- ✓ 1% ca apă de băut;
- ✓ 6% pentru prepararea hranei;
- ✓ 59% igiena individuală (baie, duş);
- ✓ 22% spălarea vaselor şi a hainelor;
- ✓ 12% utilizări diverse (spălarea maşinii, stropirea plantelor, salubrizarea locuinţei).

Scanned with OKEN Scanner

Scopuri decorative:
- fântâni arteziene, lacuri artificiale
- menţinerea salubritatii centrelor populate;

Necesităţi economico-industriale:
- apa poate fi utilizată direct în procese de producţie; cantitatea folosită în acest scop depinde de natura procesului tehnologic;

- Utilizarea în agricultură:
- apa este utilizată pentru irigaţii, în zootehnie, piscicultură etc.

În cursul secolului XX populaţia Globului a crescut de la 1,7 miliarde de persoane în 1900 la mai mult de 6 miliarde în 2000, deci, practic s-a triplat. Consumul de apă potabilă a crescut în aceeaşi periodă de aproximativ 6 ori.

În condiţiile în care cantitatea totală de apă rămâne constantă, se pune tot mai acut problema incapacităţii de a se asigura necesarul de apă pentru întreaga populaţie a Globului. În prezent se consideră reală situaţia de „stres hidric" acuzată de unele organisme internaţionale referindu-se la mai puţin de 1700 m^3 disponibili pentru fiecare locuitor al planetei pe an.

Până în anul 2030, aproximativ jumatate din populaţia Globului va trăi în zone cu o lipsă acută de apă, arată raportul "Water in a Changing World" (Apa intr-o lume schimbatoare) elaborat de experţii Organizaţiei Naţiunilor Unite.

„Este incredibil cum, în multe ţări ale lumii, apa este considerată încă o resură inepuizabilă. Apa este, în fapt, o resursă limitată care a ajuns aproape de limitele sale. Nu am niciun dubiu ca aceasta va depasi pretul petrolului în numai câţiva ani", susţine Horst Enzelmuller preşedintele consorţiului energetic german Techem AG.

La resursele insuficiente de apă şi repartiţia inegală pe Glob se adaugă gestionarea ineficientă a acestora, risipa şi nu în ultimul rând, poluarea intensă a unor surse de apă potabilă, care nu mai pot fi aduse în circuitul obişnuit al apei dulci.

Referitor la risipirea apei, se apreciază că, global, numai 55% din apa colectată este într-adevăr consumată, dar aceasta este redată mediului ca apă uzată şi care, uneori nu mai poate fi adusă la gradul iniţial de puritate pentru a reintra în circuit. Restul, de 45% reprezintă pierderile prin infiltrare în sol, scăpări ale reţelelor de transport pentru sistemele de irigaţii sau alimentarea cu apă potabilă şi sunt redate mediului prin evaporare sau alimentarea bazinelor naturale de apă de suprafaţă şi subterane.

La fel, mai mult de jumătate din apa destinată pentru irigaţii se pierde prin evaporare. În privinţa poluării, situaţia devine uneori critică, deoarece degradarea ecosistemelor acvatice poate face inexploatabile rezerve impresionante de apă.

Scanned with OKEN Scanner

1.4. Categorii de apă

Clasificarea apelor din natură se poate face după numeroase criterii; conţinutul în săruri minerale şi originea apei sunt criteriile utilizate frecvent.

După **conţinutul în săruri minerale** apele se clasifica în ape dulci şi ape sarate.

- *Apa dulce* este apa care, în mod natural are o concentraţie redusă în săruri şi îndeplineşte condiţiile pentru a fi captată şi utilizată pentru consum uman. Cantitatea totală de săruri nu depăşeşte de obicei, 1 g/L. În această categorie se încadrează apa de precipitaţii, apa râurilor, a fluviilor şi a unor lacuri naturale.
- *Apa sărată* este apa în care concentraţia sărurilor este mai mare de 24 g/L.

Din cantitatea totală de apă existentă în natură, estimată la 1 400 milioane de km^3, cea mai mare parte (97,2%) se găseşte formă de apă sărată, în mări, oceane şi anumite ape subterane (Tabel I). Numai 2,8% (39,2 milioane km^3) din cantitatea totală de apă este apă dulce, din care gheţurile polare reprezintă 2,15%, apele subterane - 0,63%, apele de suprafaţă - lacuri, fluvii, râuri – 0,019% şi restul, de 0,001%, apă existentă în atmosferă sub formă de vapori.

Tabel I

Rezervele de apă ale Globului

Rezerve de apă	volum (x1000 km^3)	**%**	% apă dulce
Apă sărată			
Oceane	1 338 000	96,54	
Ape subterarene sărate	12 870	0,93	
Lacuri cu apă sărată	85	0,006	
Ape interioare			
Gheţari	24 064	1,74	68,7
Ape dulci subterane	10 530	0,76	30,06
Gheaţă concasată	300	0,022	0,86
Lacuri cu apă dulce	91	0,007	0,26
Umiditatea solului	16,5	0,001	0,05
Vapori apă din atmosferă	12,9	0,001	0,04
Mlaştini	11,5	0,001	0,03
Fluvii şi cursuri de apă	2,12	0,0002	0,006
Apă prezentă in organisme	1,12	0,0001	0,003
Total apă	1 386 000	100	
Total apă dulce	**35 029**		100

Scanned with OKEN Scanner

Ca suprafaţă, apa mărilor şi oceanelor ocupă $3,62 \cdot 10^8$ km^2, gheţarii ocupă $1,58 \cdot 10^7$ km^2 (puţin mai mult de 10%) din suprafaţa totală (de $5,1 \cdot 10^8$ km^2) a globului pământesc. Volumul mărilor şi oceanelor este evaluat la $1,37 \cdot 10^9$ km^3 (aproximativ 1/800 din volumul planetei). Volumul gheţarilor din regiunea arctică şi Antarctica este apreciat la $2,9 \cdot 10^7$ km^3. La polul sud grosimea gheţii este de 2700 m, iar în punctul cel mai adânc al continentului antarctic atinge 4200 m. Dacă toti gheţarii s-ar topi, nivelul oceanelor s-ar ridica cu aproximativ 80 m.

Principalele surse de apă utilizabile de om sunt lacurile, râurile, apa existentă în granulele solului şi apele subterane mai puţin profunde. Toate acestea reprezintă în jur de 200 000 km^3 – mai puţin de 1% din apa dulce şi numai 0,01% din cantitatea totală de apă existentă pe Glob. O mare parte din apa disponibilă este risipită în timpul utilizării de către om, ceea ce accentuează deficitul de apă dulce în unele regiuni ale lumii.

Refacerea rezervelor de apă dulce depinde de intensitatea proceselor de evaporare care au loc la suprafaţa oceanelor; în fiecare an se evaporă din oceane în jur de 505 000 km^3 (un strat de 1,4 m grosime).

În acelaşi timp,72 000 km^3 se evaporă de la suprafaţă solului. În privinţa precipitaţiilor, 80% dintre acestea (în jur de 458 000 km^3/an) cad pe ocean şi restul de 119 000 km^3/an deasupra solului. Diferenţa între aceasta cantitate şi 72 000 km^3 care se evaporă de la suprafaţa solului – reprezintă apele de şiroire şi reconstituie apele subterane, în jur de 47 000 km^3/an.

După **origine**, apele pot fi: ape meteorice, ape subterane şi ape de suprafaţă.

1 Ape meteorice

Apele meteorice provin din precipitaţiile atmosferice (apele de ploaie şi cele rezultate din topirea zăpezilor). Aceste ape sunt pure în momentul formării dar se impurifică străbătând atmosfera; în momentul căderii sub formă de ploaie sunt antrenate din atmosferă diverse particule (pulberi, germeni microbieni) şi sunt dizolvate diverse gaze (amoniac, hidrogen sulfurat, oxizi de sulf şi de azot etc).

2 Ape subterane

Apele subterane sunt ape care ocupă zona saturată a solului.

Apele subterane pot avea origine exogenă dacă se acumulează în urma infiltrării apelor de precipitaţii prin straturile solului, a infiltrării apei lacurilor şi râurilor prin albiile lor şi prin condensarea vaporilor de apă din aerul teluric. Apa subterană mai poate rezulta şi din condensarea vaporilor care se degajă din magmele aflate în profunzimea solului – originea endogenă a apei subterane.

Apele exogene, de infiltraţie contribuie în cea mai mare măsură la acumularea apelor subterane.

Scanned with OKEN Scanner

3 Ape de suprafaţă

Apele de suprafaţă sunt ape care curg sau stagnează la suprafaţa solului. Aceste ape provin din precipitaţii atmosferice, din topirea zăpezilor şi din izvoare. Ele curg sau staţionează la suprafaţa solului în funcţie de înclinarea acestuia. Compoziţia acestor ape variază în limite largi, în raport cu caracteristicile bazinului de alimentare, respectiv cu natura rocilor terenurilor din care îşi adună apele şi pe care le traversează. În acelaşi timp, compoziţia apei depinde de anotimp, de aportul şi proprietăţile altor ape pe care le primesc. Ploile şi topirea zăpezilor produc modificări importante atât cantitative cât şi calitative deoarece, curgând la suprafaţa solului şi spălând suprafaţa acestuia, antrenează tot felul de impurităţi (germeni microbieni, suspensii, pesticide, fertilizanţi etc.) pe care le transportă în apă. În afara acestor modificări inevitabile, apele de suprafaţă îşi modifică compoziţia pe unele sectoare şi uneori pe distanţe apreciabile, din cauza folosirii lor în diverse scopuri (menajere, industriale, în agricultură etc) şi îndeosebi după deversări de ape reziduale, purificate necorespunzător, care pot modifica brusc şi uneori semnificativ proprietăţile fizico-chimice şi biologice naturale ale apei.

1.5. Proprietăţile apei

Proprietăţile fiecărei categorii de apă sunt determinate de compoziţia chimică specifică, de factorii de mediu (temperatură, presiune atmosferică, precipitaţii) şi de volumul şi puritatea apelor primite (ape de şiroire, efluenţi reziduali) de apele de suprafaţă sau infiltrate în sol şi acumulate ca ape subterane.

Individualizarea anumitor categorii de apă se realizează prin intermediul unor parametri specifici care caracterizează mirosul, gustul, culoarea, limpezimea, compoziţia chimică, încărcătura microbiologică şi biologică.

Categoriile de parametri care sunt urmăriţi pentru caracterizarea diferitelor categorii de apă sunt:

1. ▪ parametri senzoriali;
2. ▪ parametri fizici;
3. ▪ parametri chimici;
4. ▪ parametri microbiologici;
5. ▪ parametri biologici;
6. ▪ parametri de radioactivitate.

Proprietăţi senzoriale ale apei

Din categoria proprietăţilor organoleptice ale apei fac parte gustul şi mirosul.

Gustul şi mirosul apei pot fi cauzate de materii organice naturale prezente în apă, de produşi chimici de sinteză sau de substanţe anorganice

Scanned with OKEN Scanner

dizolvate. În cazul apei supusă procesului de dezinfecţie prin clorinare, anumiţi compuşi din primele două categorii de componente responsabile de mirosul apei, pot reacţiona cu clorul şi pot produce înrăutatirea gustului şi a mirosului apei.

Gustul apei este determinat de prezenţa substanţelor minerale, organice şi a unor gaze dizolvate în apă.

Gustul apei poate fi plăcut (conţine o cantitate mică de săruri dizolvate) şi neplăcut: gust dulceag – determinat de cantităţi mai mari de substanţe organice; sărat – exces de clorură de sodiu; amar – exces de magneziu; ionii de vanadiu imprimă apei gust amar, cei de zinc şi de cadmiu gust astringent, fierul gust metalic, calciul gust sălciu etc.

Intensitatea senzaţiilor gustative, pentru anioni, variază în ordinea: nitrat > cloruri > bicarbonaţi > sulfaţi; pentru cationi: sodiu > magneziu > potasiu şi fier > mangan. Dioxidul de carbon liber, în concentraţie mai mare de 100 mg/L, reduce foarte mult capacitatea sărurilor de a provoca senzaţii gustative.

Prezenţa faunei sau florei acvatice în descompunere poate fi cauza unui gust particular al apei. În plus, o clasă de bacterii - actinomicete - este responsabilă de gustul şi mirosul particular al apei. Mai rar, alte bacterii, ciuperci, zooplancton, nematode şi anumite amibe pot conduce la apariţia gustului sau mirosului particular al apei.

Gustul şi mirosul apei pot fi cauzate şi de surse antropice (artificiale sau datorate intervenţiei omului), nelocalizate: ape de şiroire, deversari de ape uzate comunale sau de efluenţi industriali. În acest caz, situaţia poate deveni gravă în perioadele de debit crescut al surselor de apă, după perioade prelungite de secetă sau de îngheţ.

Gustul şi mirosul apei se pot modifica în timpul procesului de prelucrare în scop potabil, prin adăugarea unor compuşi chimici care pot reacţiona cu componentele apei; în general substanţele cu acţiune oxidantă diminuează gustul şi mirosul apei dar, în unele cazuri, le pot intensifica.

Cuantificarea gustului şi mirosului apei este facilitată de posibilitatea de clasificare a acestora.

În cazul mirosului, clasificarea permite simplificarea descrierii acestuia, furnizează o terminologie omogenă, identifică surse de miros posibile şi ajută la alegerea celor mai potrivite metode de tratament.

Ca urmare, mirosul apei poate fi încadrat în una dintre cele 4 grupe:

Grupa 1 – miros de pământ/mucegai:
- este mirosul cel mai des întâlnit;
- uneori este decelat numai după clorinarea apei;
- poate fi produs de actinomicete;

Grupa 2 – miros de clor; reprezintă cauza frecventă a nemulţumirii consumatorilor, atribuite clorinării;

Grupa 3 – miros de iarbă/de fân/de paie/de lemn, miros asociat adesea cu prezenţa resturilor vegetale în descompunere;

Scanned with OKEN Scanner

Grupa 4 – miros de mlaştină/de fosă septică/de sulf, poate fi de origine naturală sau artificială; este foarte respingător.

Instalaţiile casnice de aprovizionare cu apă pot constitui sursa de gust sau miros particular a apei: concentraţii crescute de ioni metalici proveniţi din coroziunea ţevilor, hidrogenul sulfurat format în rezervoarele de apă caldă, mirosul de mucegai al apei din instalaţii nefolosite curent etc.

În reţeaua de distribuţie a apei potabile sunt identificate 4 surse de gust şi miros a apei:

- compuşi de origine biologică – creşterea numărului de microorganisme în diferite puncte ale reţelei;
- produşii de dezinfecţie reziduali şi subprodusii de oxidare – clorul rezidual sau compuşi formaţi prin acţiunea clorului asupra substanţelor organice din apă;
- compuşi rezultaţi din instalaţiile de depozitare şi din reţeaua de distribuţie – ioni metalici (plumb, cupru, fier, zinc) antrenaţi din materialele din care sunt construite instalaţiile;
- difuzia unor poluanţi din materialele plastice din care sunt construite instalaţiile – hidrocarburi şi compuşi fenolici;

Parametrii fizici ai apei

Proprietăţile fizice ale apei, pe baza cărora se apreciază calitatea acesteia sunt: temperatura, turbiditatea, culoarea, conductibilitatea şi radioactivitatea apei.

Temperatura apei

Temperatura apelor naturale de suprafaţă este în strânsă legătură cu variaţiile termice ale atmosferei. Apele subterane, situate deasupra stratului izoterm (apele freatice), sunt, de asemenea, sub influenţa temperaturii atmosferice, cu atât mai puternic cu cât adâncimea la care se găsesc este mai mică. În zona izotermică temperatura apei rămâne constantă şi aproximativ egală cu temperatura medie anuală din locul respectiv. În orizonturile şi straturile acvifere situate mai jos de zona izotermică, temperatura creşte în medie cu 1°C pentru fiecare 33 m.

Apele reziduale au, de obicei, temperaturi mai mari decât apele naturale de suprafaţă. Datorită amestecului permanent, temperatura apei râurilor este aproximativ aceeaşi într-o secţiune dată; în mări, oceane, lacuri şi bazine de acumulare amestecul apei fiind mai puţin intens, în aceeaşi secţiune se înregistrează diferenţe termice uneori de zeci de grade.

Temperatura este un indicator preţios pentru aprecierea calităţii apelor naturale şi reziduale. Aceasta influenţează compoziţia chimică a apei, deoarece solubilitatea sărurilor depinde de temperatură. Creşterea temperaturii măreşte viteza de mişcare a moleculelor de apă şi a unor procese fizico-chimice şi biochimice; procesele de difuzie şi de dizolvare se

Scanned with OKEN Scanner

intensifică, solubilitatea gazelor scade, sunt influenţate procesele de autopurificare a apei.

Temperatura apei este un parametru important pentru fenomenele biologice care au loc în apă, pentru compoziţia chimică a apei (solubilitatea gazelor variază semnificativ cu temperatura apei şi presiunea atmosferică) şi pentru procesul de prelucrare a apei în scop potabil. Caracteristicile fizice ale apei depind de temperatura sa.

De asemenea, conductivitatea apei depinde de temperatură în momentul măsurării.

Turbiditatea apei

Turbiditatea apei, proprietate inversă limpidităţii (limpezimii) este determinată de prezenţa în apă a unor substanţe în suspensie stabilă, care conferă un aspect mai mult sau mai puţin tulbure. Altfel spus, turbiditatea este un efect vizual care se traduce prin tulbureala apei. Tehnic, turbiditatea corespunde proprietăţii optice a apei de a permite luminii incidente de a fi deviată (difracţie) sau absorbită de particule în suspensie.

Transparenţa (limpezimea) reprezintă grosimea stratului de apă prin care se mai observă conturul unui disc menţinut în apă. Transparenţa este invers proporţională cu turbiditatea apei. De asemenea, transparenţa este invers proporţională cu culoarea apei.

Turbiditatea apei este cauzată de prezenţa unor particule sau coloizi, componente ale nămolului acvatic, argilelor, planctonului şi a numeroase microorganisme. Originea acestor particule poate fi naturală (acizi humici, particule provenind din degradarea resturilor vegetale şi animale sau din eroziunea solului) sau antropică (deşeuri industriale, agricole sau urbane).

Apele de suprafaţă au o turbiditate care depinde de intensitatea precipitaţiilor atmosferice, datorită substanţelor insolubile antrenate de pe suprafaţa solului, prin apele de şiroire.

Turbiditatea apei din instalaţiile de depozitare sau din reţeaua de distribuţie a apei potabile (în cazul apelor supuse procesului de coagulare, floculare, filtrare) poate fi cauzată de post-coagularea coagulantului rezidual dizolvat, de dezvoltarea unor microorganisme, de antrenarea suspensiilor depuse pe pereţii rezervoarelor sau a conductelor şi chiar de coroziunea materialelor din care sunt construite instalaţiile.

Turbiditatea influenţează proprietăţile senzoriale ale apei dar şi alţi parametri de calitate, bacteriologici sau chimici:

- *proprietăţile bacteriologice ale apei*: microorganismele (virusuri, bacterii, protozoare) se adsorb pe particulele responsabile de turbiditate; aceasta le permite să se dezvolte mai repede, deoarece substratul nutritiv pentru microorganisme este la rândul sau adsorbit la nivelul particulelor în suspensie şi devine mai uşor mobilizabil. În acelaşi timp, formaţiunile nou formate prin adsorbţie protejează

Scanned with OKEN Scanner

microorganismele de acţiunea substanţelor dezinfectante utilizate în tratamentul apei.

- *proprietăţile chimice ale apei*: particulele în suspensie au o anumită capacitate de adsorbţie a unor ioni metalici (cupru, mercur) sau a unor compuşi organici (pesticide etc).

Determinarea turbidităţii apei nu constă în măsurarea directă a cantităţii de particule în suspensie, ci în aprecierea efectului de difuzie al acestora asupra luminii. Măsurarea turbidităţii permite evaluarea "limpidităţii relative" a apei.

În prezent sunt cunoscute trei principii de măsurare a turbidităţii:

1. metoda firului de platină - măsurarea grosimii stratului de apă de la care nu se mai observă un obiect (disc) scufundat;
2. metoda opacimetrică - compararea probei de apă de analizat cu o suspensie artificială cu turbiditate cunoscută;
3. determinarea nefelometrică - aprecierea intensităţii difracţiei unui fascicul luminos care traversează o soluţie în care sunt particule în suspensie.

Exprimarea turbidităţii se realizează prin unităţi de măsură diferite, dependente sau nu de metoda aplicată:

1. metoda picăturii de mastic – determinarea opacimetrică este realizată prin comparare cu o soluţie martor de mastic vegetal;
2. unităţi de turbiditate Jackson (Jackson Turbidity Unit, JTU) - metodă empirică ce corespunde înălţimii coloanei de apă de la care flacăra unei lumânări privită vertical nu mai este vizibilă;
3. unităţi formazin de turbiditate (Formazin Turbidity FTU Unit,) - compararea probei cu o soluţie martor de sulfat de hidrazină şi de hexametilentetramină; citirea turbidităţii se face la 860 nm, sub un unghi de 90°;
4. unităţi nefelometrice de turbiditate, UNT (Nephelometric Turbidity Unit, NTU) - citirile turbidităţii se fac sub un unghi de 90°, dar la lungimi de undă diferite de 860 nm; aplicabile numai pentru determinări nefelometrice;
5. unităţi formazin - nefelometrice de turbiditate (Formazin-Nephelometric Unit, FNU), aplicabile numai pentru determinări nefelometrice.

Compararea acestor unităţi între ele nu este totdeauna posibilă, deoarece nu fac apel la aceeaşi metodă de determinare; pentru ultimele trei tipuri de unităţi se poate scrie relaţia: 1 FNU = 1 FTU = 1 NTU.

Limita de detecţie obişnuită pentru nefelometrele utilizate frecvent în laboratoarele de analiză a apei este de ordinul 0,1 UNT, ceea ce corespunde la în jur de 20 particule/mL; o turbiditate de 0,5 UNT echivalează cu aproximativ 1000 particule/mL iar 5 UNT corespunde unei turbidităţi de 20 000 particule/mL. Turbiditatea mai mare de 5 UNT este, în general, vizibilă cu ochiul liber.

Scanned with OKEN Scanner

Turbiditatea reprezintă unul dintre parametrii de calitate pentru apa potabilă. Reducerea turbidităţii şi aducerea sa la valori acceptate pentru apă potabilă reprezintă o măsură de apreciere a eficacităţii procesului de prelucrare a apei în scop potabil; de asemenea, turbiditatea este considerată indicator al prezenţei chisturilor de *Giardia* şi de *Cryptosporidium*.

Culoarea apei

Culoarea apelor naturale variază în funcţie de compoziţia acestora. În mod normal, apele pot avea o culoare slab galbenă datorită prezenţei acizilor fulvici şi humici proveniţi din sol. Materiile organice (alge, protozoare), produşi naturali proveniţi din descompunera vegetaţiei (substanţe humice, taninuri, lignine - componente rezistente la acţiunea bacteriilor), pot imprima o culoare particulară apei. Prezenţa unor substanţe minerale poate imprima apei o anumită culoare.

Culoarea apei poate fi culoare **reală** - determinată de prezenţa substanţelor dizolvate (minerale sau organice) şi culoare **aparentă**, influenţată de materiile în suspensie. La apele cu turbiditate scăzută culoarea reală şi culoarea aparentă sunt practic identice. Apele a căror turbiditate est mai mare de 3 JTU (unităţi Jackson de turbiditate) au, în general, o tentă galbenă, roşie sau brună.

Prezenţa sărurilor dizolvate, a coloizilor şi a substanţelor solide în suspensie determină, în funcţie de concentraţia lor, diferite coloraţii. Astfel, sărurile de mangan imprimă o culoare brună, cele de fier o culoare portocalie, compuşii vanadiului o coloraţie galbenă, apele dure (bogate în calciu şi în magneziu) şi cele care conţin sulfaţi au o culoare albăstruie etc.

În anumite situaţii, apele de suprafaţă pot fi intens şi diferit colorate în funcţie de apele reziduale insuficient purificate, care sunt deversate (industria siderurgică, uzinele chimice, industria hârtiei, rafinăriile). Intensitatea culorii apei este exprimată în unităţi platină-cobalt (Pt-Co).

Apele a căror culoare este mai slabă de 10 unităţi Pt-Co sunt considerate incolore; valorile intensităţii culorii pot ajunge până la 200 – 300 unităţi, în care caz, apa este puternic poluată prin deversare de ape reziduale din industria cărbunelui, industria chimică.

Culoarea apei poate afecta utilizarea acesteia în scopuri casnice, industriale sau în scop recreativ. Apa utilizată pentru scopuri recreative (apa vine în contact direct cu pielea) nu poate depăşi 100 unităţi Pt-Co; apa destinată spălării hainelor sau ca sursă de apă potabilă nu poate depăşi 15 unităţi de culoare.

Conductivitatea apei

Conductivitatea electrică a apei corespunde conductanţei unei coloane de apă cuprinsă între doi electrozi metalici cu suprafaţa de 1 cm^2, aflaţi la o distanţă de 1cm unul de altul. Unitatea de măsură este micro-Siemens/cm (µS/cm).

Scanned with OKEN Scanner

Pentru apă, conductivitatea exprimă mineralizarea acesteia; valoarea este dependentă de temperatură (determinată la 20°C). Se consideră că valorile conductivităţii (în µS/cm) corespund cu salinitatea apei (mg/L).

Valoarea recomandată de OMS pentru conductivitatea apei destinate consumului uman este de 400 µS/cm. În funcţie de conductivitate, apa poate fi:

- de calitate excelentă, 50 - 400 µS/cm;
- de calitate bună, 400 – 750 µS/cm;
- de calitate mediocră, dar utilizabilă, 750 - 1500 µS/cm;
- cu mineralizare excesivă, neutilizabilă pentru consum uman, peste 1500 µS/cm.

Apele meteorice fiind cele mai sărace în substanţe minerale au conductivitatea cea mai scazută, în timp ce apele subterane cu mineralizare mai crescută au o conductivitate mai ridicată.

Radioactivitatea apei

Radioactivitatea apei se datoreşte atât particulelor radioactive antrenate, cât mai ales prezenţei unor elemente radioactive naturale în sol ca: uraniu, thoriu, radiu, potasiu, radon etc.

Radioactivitatea apei este influenţată de constituţia geologică şi compoziţia chimică a solului, temperatura şi profunzimea apei.

Apa poate căpăta o radioactivitate artificială datorită poluării cu substanţe radioactive folosite în industrie, medicină, cercetare stiinţifică. Poluarea apei cu substanţe radioactive se poate realiza atât prin deversarea unor reziduuri lichide sau solide care conţin substanţe radioactive, cât şi prin căderile radioactive ca urmare a contaminării atmosferice cu asemenea compuşi.

1.6. Compoziţia chimică a apei

Spre deosebire de apa pură, apele naturale sunt soluţi cu compoziţie complexă, generată de solubilitatea substanţelor cu care vin în contact în timpul circuitului său în natură. Capacitatea de dizolvare a apei se manifestă chiar din momentul condensării vaporilor în atmosferă şi continuă mai intens la contactul cu solul. La curgerea pe suprafaţa solului sau prin infiltrare în sol, apele de precipitaţii se îmbogăţesc în substanţe minerale şi organice. Compoziţia chimică a apei şi dinamica acestei compoziţii sunt diferite, în funcţie de condiţiile fizico-geografice şi de caracterul unităţii acvatice (râu, lac, ocean, apă subterană). În cazul apelor subterane, compoziţia chimică este determinată de adâncime, natura rocilor, temperatură, presiune. În timpul circulaţiei sale la suprafaţă sau în profunzimea solului, apa vine în contact cu numeroase substanţe organice şi anorganice, cu solubilităţi diferite; astfel, include în compoziţia sa un număr mare de elemente chimice. Se poate afirma că este posibil ca în apele naturale să fie prezente toate

Scanned with OKEN Scanner

elementele sistemului periodic. Majoritatea dintre ele sunt prezente în cantităţi foarte mici şi nu influenţează proprietăţile apei.

Constituirea unei anumite compoziţii a apelor naturale este determinată de:

- factori cu acţiune directă (sol, roci, organisme);
- factori cu acţiune indirectă (clima, relieful, vegetaţia, regimul hidrologic).

Acţiunea *factorilor direcţi* se manifestă odată cu infiltrarea apei în soluri şi în roci; cantitatea de oxigen dizolvat se micşorează iar cea de dioxid de carbon creşte, ca urmare a oxidării substanţelor organice. Prin contactul îndelungat cu solul şi cu rocile prin care circulă, apele îşi pot schimba compoziţia chimică iniţială pe baza schimbului de ioni; astfel, ionii Ca^{2+} trec din soluţie în sol şi o cantitate echivalentă de Na^{+} trece din sol în apă. Procesul este reversibil şi, în funcţie de conţinutul iniţial în ioni ai apei, compoziţia acesteia se îmbogăţeşte în unul dintre cele două elemente.

Organismele vii şi produşii activităţii lor biologice influenţează marcant compoziţia chimică a apei:

- scade conţinutul în oxigen dizolvat şi creşte cel în dioxid de carbon, ca urmare a proceselor de oxidare aerobă a substanţelor organice;
- creşte conţinutul în amoniac, nitriţi, nitraţi sau fosfaţi (substanţe biogene);
- are loc extragerea din apă, de către organismele acvatice, a unor elemente chimice (N, P, C, Ca, K, microelemente); unele organisme concentrază siliciul pentru constituirea scheletului propriu.

Factorii cu *acţiune indirectă* sunt expresia condiţiilor fizico-geografice (de mediu) în care se desfăşoară acţiunea factorilor direcţi.

Clima joacă o importanţă de prim ordin la formarea compoziţiei apelor naturale. Ea determineă bilanţul caloric, precipitaţiile, regimul hidrologic, şi implicit, dizolvarea şi depunerea sărurilor.

Relieful influenţează elementele climatice şi regimul chimic al apelor naturale.

Vegetaţia are un rol important atât în cadrul unităţilor acvatice, cât şi pe uscat. În cadrul unităţilor acvatice, vegetaţia are o acţiune directă care se manifestă asupra compoziţiei ionice şi a substanţelor oganice dizolvate. Pe uscat, vegetaţia contribuie la formarea solurilor şi la acumularea resturilor organice, care reprezintă sursă de substanţe dizolvate şi transportate ulterior în unităţile hidrografice. Transformarea resturilor de substanţe organice crează condiţiile de migrare a elementelor chimice şi de formare a compoziţiei chimice complexe a apelor naturale.

Regimul hidrologic este, de asemenea, factor esenţial pentru formarea compoziţiei chimice a apei şi se manifestă sub diferite forme. Astfel, compoziţia chimică a apei din râuri depinde de sursele de alimentare (ploi,

Scanned with OKEN Scanner

zăpezi, gheţari, ape subterane), a apei din lacuri şi din mările mărginaşe depinde de existenţa şi compoziţia apei afluenţilor etc.

Substanţele dizolvate în mod normal în apă se pot clasifica în:

- gaze;
- substanţe minerale;
- substanţe organice.

Gazele din apă

Gazele din apă sunt oxigenul, dioxidul de carbon şi hidrogenul sulfurat.

Oxigenul

Oxigenul este un gaz a cărui prezenţă în apă este absolut necesară pentru a întreţine viaţa organismelor acvatice şi a asigura desfăşurarea proceselor biochimice de purificare a apei. Creşterea, respectiv, scăderea conţinutului de oxigen din apă este determinată de o serie de procese şi anume:

Procese care îmbogăţesc conţinutul apei în oxigen, pot fi:

- *procese fizice* – difuzia naturală a oxigenului din atmosferă, care este invers proporţională cu temperatura apei şi direct proporţională cu presiunea atmosferică; difuzia depinde şi de mărimea suprafeţei de contact a apei cu atmosfera şi de turbiditatea apei;
- *procese biologice* – reprezentate de fotosinteza vegetaţiei acvatice; în prezenţa cantităţilor mari de alge verzi şi a radiaţiilor solare, aportul oxigenului prin fotosinteză este apreciabil, apărând uneori fenomene de suprasaturare;

Procese care determină scăderea conţinutului de oxigen dizolvat în apă:

- *procese fizice* – datorate creşterii temperaturii apei şi scăderii bruşte a presiunii atmosferice;
- *procese chimice* – oxidarea unor compuşi chimici existenţi în apă: săruri de fier şi de mangan bivalent, sulfuri, hidrogen sulfurat, sulfiţi;
- *procese biochimice* – consumarea oxigenului dizolvat din apă de către germenii aerobi care participă la mineralizarea substanţelor organice în procesele de autopurificare ale apei; aceste procese care au viteză mai mare în sezonul cald determină scăderea apreciabilă a conţinutului de oxigen în apele de suprafaţă.

Dioxidul de carbon

Dioxidul de carbon prezent în apă provine din descompunerea materiilor organice prin procese biochimice sau ca rezultat al respiraţiei organismelor acvatice. În apele subterane poate proveni din procese geochimice.

Scăderea conţinutului de bioxid de carbon din apă este rezultatul degajării acestuia în atmosferă, a proceselor de fotosinteză a fitoplanctonului şi a transformării bicarbonaţilor în carbonaţi insolubili.

Scanned with OKEN Scanner

Dioxidul de carbon se poate găsi în apă sub formă de dioxid de carbon liber şi dioxid de carbon combinat (semilegat sub formă de bicarbonaţi şi legat sub formă de carbonaţi).

Prezenţa acestor forme ale dioxidului de carbon este dependentă de valoarea pH-ului. Astfel, la pH sub 4 se găseşte în apă numai CO_2 liber, la pH = 8,4 se găseşte în apă numai CO_2 semilegat (bicarbonaţi); la pH = 10,5 este prezent numai dioxid de carbon legat (carbonaţi).

Ionii HCO_3^-, CO_3^{2-} şi CO_2 liber se găsesc în echilibru, conform reacţiei:

$$2HCO_3^- \leftrightarrow CO_3^{2-} + CO_2^* + H_2O$$

În prezenţa ionilor de calciu reacţia este următoarea:

$$Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

Dioxidul de carbon existent în prezenţa ionilor bicarbonat reprezintă CO_2 de echilibru. Dioxidul de carbon agresiv reprezintă diferenţa dintre CO_2 liber total şi CO_2 de echilibru. Dioxidul de carbon agresiv acţioneaza asupra dioxidului de carbon legat (carbonaţi) şi îl transformă în dioxid de carbon semilegat (bicarbonaţi).

Echilibrul chimic relativ al carbonatului de calciu, cunoscut sub numele de echilibru calco-carbonic se poate deplasa sub acţiunea dioxidului de carbon a cărui concentraţie creşte şi acţionează asupra carbonatului de calciu pe care îl dizolvă – ape agresive sau prin precipitarea carbonatului de calciu în cazul scăderii concentraţiei în CO_2 – ape incrustante.

Dioxidul de carbon agresiv este mai frecvent în apele subterane.

În apele de suprafaţă, prezenţa dioxidului de carbon favorizează dezvoltarea algelor (verzi şi albastre), fenomen care poate modifică caracteristicile organoleptice, fizice şi chimice ale apei.

Hidrogenul sulfurat

Hidrogenul sulfurat din apă poate avea origine minerală sau organică.

Hidrogenul sulfurat de origine minerală se găseşte în apa subterană de mare adâncime datorită proceselor de reducere a sulfaţilor sub acţiunea bacteriilor sulfuroase.

Hidrogenul sulfurat de origine organică se găseşte mai ales în apa de suprafaţă şi se datoreşte descompunerii anaerobe a substanţelor organice sau impurificării cu ape reziduale.

Deci, existenţa hidrogenului sulfurat în apă este condiţionată de:

- prezenţa unor cantităţi mari de substanţe organice, capabile să creeze deficit de oxigen dizolvat;
- prezenţa unor substanţe organice cu sulf în moleculă;
- prezenţa bacteriilor capabile să transforme compuşii cu sulf din moleculă în hidrogen sulfurat.

Scanned with OKEN Scanner

Substanţele minerale din apă

Substanţele minerale reprezintă totalitatea substanţelor anorganice dizolvate în apă; conţinutul substanţelor minerale este mai scazut în apă de suprafaţă, variind cu sezonul şi nivelul precipitaţiilor atmosferice. În sezonul secetos concentraţia substanţelor minerale este mai crescută şi constantă.

Apa meteorică, o dată ajunsă pe pământ, poate străbate prin straturi permeabile de sol până ajunge la o pătură impermeabilă (argilă), deasupra căreia formează o pânză de apă subterană - apă freatică. Apa freatică poate reapărea spontan la suprafaţă solului sub formă de izvoare sau este captată (fântâni, puţuri sau sonde).

Compoziţia chimică a acestei ape variază cu natura rocilor cu care a fost în contact. Cel mai scăzut conţinut în substanţe minerale dizolvate îl are apa izvoarelor de munte (reziduul fix aproximativ 50 mg/L) şi aceea provenită din topirea gheţarilor. Apele freatice au de obicei un conţinut mai mare în substanţe minerale (în jur de 2 g/L).

Apele râurilor conţin şi substanţe minerale în suspensie sau în stare coloidală.

În funcţie de concentraţia lor în apă, substanţele minerale se clasifica în doua grupe: substanţe prezente în concentraţii mai mari de 1 mg/L care formează grupa macroelementelor şi cele care se găsesc în concentraţie mai mică de 1 mg/L şi care formează grupa microelementelor.

În funcţie de cantitatea de substanţe minerale (gradul de mineralizare), apele naturale pot fi grupate în trei categorii:

- ape slab mineralizate, cu mineralizarea sub 500 mg/L;
- ape mineralizate care au mineralizarea cuprinsă între 500-1000 mg/L;
- ape puternic mineralizate, cu o mineralizare de peste 1000 mg/L.

Totalitatea substanţelor minerale din apă reprezintă reziduul fix.

Macroelementele prezente în apele naturale sunt reprezentate prin Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, sub forma sărurilor: cloruri, sulfaţi, carbonaţi, bicarbonaţi etc. După natura sărurilor care predomină, apele pot fi: bicarbonatate, când conţin concentraţii crescute de bicarbonaţi de calciu, sodiu sau magneziu; clorurate când conţin concentraţii mari de cloruri de sodiu, potasiu sau calciu; sulfatate, când conţin sulfaţi de sodiu, de potasiu sau de magneziu etc.

Microelementele sunt componente naturale ale apei care, aduse în organism o dată cu apa, exercită o influenţă deosebită asupra unor procese vitale, condiţionând starea de sănătate a consumatorului. Cele mai importante microelemente din apă se găsesc sub formă de compuşi ai iodului, fluorului, magneziului, cobaltului, fierului, cuprului, bromului, molibdenului, zincului, borului, seleniului etc.

Concentraţia acestor microelemente în apă este uneori de ordinul microgramelor, cu valori mai crescute în apă subterană. Astfel, Co^{2+} este prezent în concentraţii cuprinse între 0,26-1,3 µg/L, F^{-} în concentraţii de 0,1-1 mg/L, I^{-} 5- 50 µg/L, Mn^{2+} 800 µg/L, Br^{-} 300 µg/L. În general, apele din ţara noastră se caracterizează printr-un conţinut redus de iod şi fluor.

Scanned with OKEN Scanner

Substanţele minerale din apă se pot clasifica în substanţe care se găsesc în mod normal în apă, deci constituienţi normali ai acesteia şi substanţe care apar prin impurificarea apelor.

Principalii ioni din apele naturale sunt: calciu, magneziu, sodiu, potasiu, clorură, fosfat, bicarbonat, carbonat. Prezenţa lor este legată de dizolvarea sărurilor din rocile sedimentare sau a celor care se formează din dezagregarea rocilor eruptive sau metamorfice.

Proporţia în care sărurile solubile din roci contribuie la formarea compoziţiei chimice a apei este diferită: $MgSO_4$ - 30%, NaCl - 26,4%, KCl – 25,6%, $KHCO_3$ – 24,9%, Na_2SO_4 – 16%, $NaHCO_3$ – 8,7%. Variaţii mai mici în concentraţie în apele naturale prezintă sodiul şi potasiul; ionii sulfat sunt antrenaţi în apă în concentraţii mai scăzute în prezenţa ionilor de calciu cu care formează sulfatul de calciu greu solubil.

Sărurile de calciu (bicarbonaţi, mai rar sulfaţi şi, foarte rar cloruri) sunt prezente întotdeauna în apele de suprafaţă şi subterane, concentraţia lor fiind în relaţie cu particularităţile litologice ale straturilor acvifere.

Ionul calciu apare în urma dizolvării calcarelor, dolomitului, gipsului şi din descompunerea rocilor magmatice şi metamorfice. În apele bogate în dioxid de carbon, concentraţia ionilor Ca^{2+} variază semnificativ datorită variaţiilor de pH, conform echilibrului reacţiei:

$$Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

Dacă în apă predomină anionul sulfat iar concentraţia dioxidului de carbon este mică, concentraţia ionilor de calciu este scăzută.

Ionul magneziu este un component constant al apelor naturale; el provine din rocile sedimentare (dolomit, calcar) şi din mineralele de magneziu cuprinse în rocile magmatice sau metamorfice. Solubilitatea sărurilor de magneziu, ca şi a celor calciu este dependentă de conţinutul în dioxid de carbon. Carbonatul de magneziu pur este mai solubil decât carbonatul de calciu dar conţinutul în magneziu al apelor este, în general mai scăzut decât cel al calciului. Aceasta se explică prin: dizolvarea mai lentă a dolomitului, fixarea mai accentuată a magneziului din sol de către plante şi prin concentraţiile mai mari ale calciului în scoarţa terestră.

În apele marine, concentraţia de magneziu este de 3-4 ori mai mare decât cea a calciului, datorită fixării acestuia din urmă de plante şi animale care-l utilizează pentru formarea scheletului.

Sodiul, asociat în special, cu ionul Cl^- (mai rar cu SO_4^{2-} şi foarte rar cu HCO^{3-}) este foarte răspândit în apele naturale în care provine din rocile sedimentare salifere.

Potasiul provine din sărurile de potasiu, asociate cu cele de sodiu în rocile sedimentare. Cu toate că, în scoarţa terestră potasiul este la fel de răspândit şi de solubil ca şi sodiul, concentraţia acestuia est mult mai mică decât a sodiului; aceasta se explică prin faptul că ionii de potasiu participă

Scanned with OKEN Scanner

la formarea mineralelor secundare, argiloase, insolubile în apă, precum şi rezistenţei mai mari la descompunere a multor minerale cu potasiu faţă de cele cu sodiu. De asemenea, potasiul este reţinut în cantităţi importante în organisme, în special în plante.

Ionii bicarbonat (HCO_3^-) şi carbonat (CO_3^{2-}) reprezintă cele mai importante specii chimice din apele naturale în care însoţesc, de obicei, ionii de calciu şi de magneziu. Provin, în cea mai mare parte din dioxidul de carbon din atmosferă dar şi din dioxidul de carbon format în sol şi din circuitul rocilor sedimentare. Disocierea ionului bicarbonat în ion carbonat şi ioni de hidrogen are loc la valori de pH mai mari de 8,2. La valori de pH cuprinse între 8,2 şi 4,5 ionii carbonat reacţionează cu protonii şi formează ioni bicarbonat. La pH mai mic decât 4,5 cea mai mare parte a bicarbonaţilor se transformă în acid carbonic.

Sulfatul (SO_4^{2-}) este prezent în toate apele naturale însoţind ionii de calciu şi de magneziu, mai rar sodiul şi foare rar fierul. În perioada iniţială a hidrosferei, sulfaţii au luat naştere, probabil, prin oxidarea sulfurilor din rocile eruptive şi din gazele vulcanice. În prezent, sulfaţii provin din roci sedimentre şi din oxidarea sulfurilor din roci sedimentare şi roci eruptive.

Ionul sulfat se poate forma şi pe cale organică, prin procese biochimice în care se formează, iniţial, hidrogenul sulfurat, care prin oxidare duce la formarea sulfatului.

Sulfatul este unul dintre componenţii apelor de precipitaţii (în concentraţie de 2mg/L), în care provine din particulele de praf care conţin minerale cu sulf, care prin oxidare formează dioxid de sulf, apoi ioni sulfat. De asemenea, hidrogenul sulfurat şi dioxidul de sulf din aer reprezintă surse de ion sulfat în apa de precipitaţii.

Clorurile (Cl^-) reprezintă un element important al apelor naturale, deşi este un constituent minor al scoarţei terestre. Originea lor în apă poate fi minerală şi organică. Clorurile pot proveni din zăcămintele de sare, din roci sedimentare care conţin clorură de sodiu, din rocile magmatice din erupţiile vucanice, care pierd clorul la contactul cu atmosfera. Apele de precipitaţii, care antrenează pulberi şi gaze din atmosferă sunt, de asemenea, o sursă minerală de cloruri din apă. Sursa organică a clorurilor din apă este reprezentată de spălarea naturală de către apele meteorice a resturilor organice, de apele reziduale comunale şi industriale care se infiltrează în straturile acvifere sau sunt deversate în apele de suprafaţă.

Dintre compuşii minerali care indică impurificarea apelor amintim: amoniacul, nitriţii, nitraţii, fosfaţii, ioni ai metalelor grele etc.

În apă, *ionul amoniu* (NH_4^+), forma redusă a azotului provine în principal din descompunerea proteinelor naturale conţinute în fitoplancton sau în microorganisme. Apele reziduale industriale şi apele de şiroire pot, de asemenea, contribui la creşterea concentraţiilor de ioni amoniu în apă.

Scanned with OKEN Scanner

Substanţele care conţin azot pot proveni şi din degradarea de către microorganisme, în prezenţa oxigenului, a substanţelor organice prezente. Prin reacţiile de dezaminare ale aminoacizilor din moleculele proteice rezultă amoniac care este oxidat la nitrit şi apoi la nitrat.

Nitraţii şi *nitriţii* sunt ioni prezenţi în mod natural în elementele de mediu ca rezultat al nitrificării ionului amoniu prezent în apă şi în sol; bacterii din genul *Nitrosomonas* transformă amoniacul în nitrit iar cele din genul *Nitrobacter* continuă oxidarea nitritului la nitrat. Concentraţiile mari de nitraţi în ape pot proveni şi din solul bogat în aceste săruri.

Dar, prezenţa nitraţilor în apă este atribuită, în mare parte, activităţii umane; utilizarea fertilizanţilor naturali şi de sinteză în agricultură favorizează apariţia nitraţilor în apă. Descompunerea materiilor vegetale şi animale, reprezintă o altă sursă de compuşi cu azot în apă.

Concentraţiile de nitrat şi de nitrit în apă pot fi exprimate sub formă de nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-) sau sub formă de azot: 1 mg NO_3^-/L este echivalent cu 0,226 mg azot (N)/L; 1 mg NO_2^-/L este echivalent cu 0,304 mg azot/L.

Fosfaţii sunt prezenţi în apă, în mod natural, în concentraţii care nu depăşesc 1 mg P_2O_5/L. Prezenţa fosfaţilor în concentraţii mai mari se datoreşte unor impurificări din solul bogat în fosfaţi după utilizarea unor îngraşăminte fosfatice sau prin impurificarea cu ape reziduale comunale care conţin detergenţi.

Fosfaţii şi nitraţii sunt susceptibili de a favoriza dezvoltarea algelor în apă, ceea ce conduce la fenomenul de "înflorire a apelor", cu repercusiuni nefavorabile asupra procesului de autopurificare a apei şi de prelucrare a apei în scop potabil.

Apa oceanelor conţine în medie 35 g săruri la litru (din care 27 g sunt reprezentate de clorura de sodiu). Mările interioare au concentraţii în săruri fie mai mari (Marea Mediterană) fie mai mici decât apa oceanelor.

Concentraţiile medii ale substanţelor minerale din apa oceanelor sunt redate în tabelul II. Alături de aceste elemente, în apa oceanelor sunt prezente altele 50, în concentraţii mult mai mici. Se poate afirma că toate elementele conţinute în scoarţa pământului pot fi prezente şi în apă mărilor şi oceanelor. Marea Neagră conţine în jur de 17,7 g săruri la litru, din care 14 g clorură de sodiu.

De exemplu, într-o tonă de apă de mare, sunt conţinute 0,000004 g de aur. Se constată că în apa oceanului concentraţia sărurilor de potasiu este mult mai mică în comparaţie cu cele de sodiu. Acest lucru este determinat de faptul că primele sunt mult mai puternic reţinute de sol. Această proprietate a solului este de o mare importanţă pentru viaţa plantelor şi, indirect, pentru om; alimentele de origine vegetală reprezintă o sursă importantă de potasiu pentru organismul uman. Unele dintre sărurile mai puţin solubile dizolvate în apă pot precipita şi împreună cu alte componente minerale sau organice nedizolvate prezente sedimentează permanent pe fundul oceanului.

Scanned with OKEN Scanner

Tabel II

Concentraţia medie a ionilor în apa oceanelor

Ionul	Concentraţia (mg/L)	Ionul	Concentraţia (mg/L)
Clor	19000	Bor	4,8
Sodiu	10600	Siliciu	3,0
Magneziu	1300	Fluor	1,3
Sulf	900	Azot	0,8
Calciu	400	Argon	0,6
Potasiu	380	Litiu	0,2
Brom	65	Rubidiu	0,12
Carbon	28	Fosfor	0,07
Oxigen	8	Iod	0,05
Stronţiu	8	Bariu	0,03

S-a calculat că în fiecare an sedimentează, în acest fel, aproape 2300 milioane tone de săruri, din care cea mai mare parte revine carbonatului de calciu. Aceste sedimente persistă numai în zonele mai puţin adânci ale oceanului; la adâncimi mari, ca urmare a creşterii conţinutului de dioxid de carbon dizolvat (dioxid de carbon agresiv), carbonatul de calciu precipitat, se dizolvă din nou.

Substanţele organice

În apă sunt prezente materii organice naturale şi de sinteză, sub formă solvită, ca suspensii sau în stare coloidală.

Materiile organice naturale provin în apă din mai multe surse: activitatea biologică a organismelor acvatice, descompunerea organismelor vegetale, animale şi a microorganismelor, din apele de şiroire şi din apele reziduale şi de aceea este dificil de a prezenta o compoziţie medie.

Conţinutul în materii organice poate fi exprimat prin:

1. ▪ carbon organic total (COT); pentru o apă de suprafaţă COT este format din 90% carbon organic dizolvat (COD) şi 10% alte materii organice;
2. ▪ consum chimic de oxigen (CCO), oxidabilitate, determinată prin oxidare cu permanganat de potasiu în mediu acid, la cald;
3. ▪ consum biochimic de oxigen (CBO_5);
4. ▪ carbon organic dizolvat (COD), materia organică ce rămâne după filtrarea apei pe o membrană cu pori de 0,45 µm;
5. ▪ carbon organic dizolvat biodegradabil (CODB); este estimat prin diferenţa între COD iniţial şi COD determinat după o perioadă de incubaţie de 28 de zile în prezenţa unei suspensii bacteriene (AFNOR

Scanned with OKEN Scanner

T 90-318). Pentru apele de suprafaţă valoarea CODB reprezintă în jur de 30% din COD.

Materiile organice din apă influenţează direct parametrii de calitate ai apei: culoare, miros, gust, conţinut în trihalometani şi, mai ales, stabilitatea biologică a apei la nivelul reţelei de distribuţie. Pentru apele de suprafaţă utilizate ca sursă de apă potabilă conţinutul în materii organice, exprimat în carbon organic total (COT), variază între 2 şi 10 mg/L, iar consumul biochimic de oxigen (CBO_5) are valori de 2 - 20 mg/L. Pentru apele subterane COT este de 0,5 - 1 mg/L.

1.7. Poluarea apei

Apa este unul dintre elementele de mediu care „ajută" omul să se debaraseze de deşeurile lichide sau chiar solide. Este uşor a ne debarasa de aceste reziduuri aruncându-le într-un râu sau într-un lac. În cantitate mai mică sau mai mare, aruncate intenţionat sau ajunse accidental, sunt purtate de apă şi nu dispar practic niciodată; persistă ca atare sau sub forma unor compuşi de descompunere şi constituie poluanţii din apă.

Uneori, chiar natura este la originea unor poluări; spre exemplu, apele de şiroire care spală terenuri foarte sărate ajung în apele de suprafaţă, care nu mai pot fi utilizate în piscicultură etc.

Dezvoltarea excesivă a florei acvatice într-un timp prea scurt, consecinţă a eutrofizării apelor prin creşterea conţinutului în azot şi fosfor (prin utilizarea îngrăşămintelor), duce la scăderea drastică a conţinutului în oxigen al apei şi apariţia proceselor de putrefacţie a vegetaţiei care antrenează moartea faunei acvatice.

Cel mai adesea, cursurile de apă sunt poluate de reziduuri urbane, agricole sau industriale care conţin substanţe chimice de sinteză pe care procesele naturale de autopurificare care au loc în apă nu le pot transforma. Chiar în cantităţi mici (micropoluanţi), aceste substanţe pot împiedica utilizarea apei în scopul destinat. Pe de altă parte, numeroase substanţe chimice pătrund în apă ca urmare a utilizării lor cotidiene în gospodărie (detergenţi, insecticide) sau în agricultură (îngrăşăminte, antidăunători) etc. Acestea impurifică apele de suprafaţă şi subterane, solul, aerul atmosferic.

Substanţele chimice poluante din apă modifică proprietăţile acesteia (miros, gust, culoare) şi o fac improprie pentru diferite utilizări.

O mare parte din poluanţii din apă au acţiune toxică asupra organismului uman, fie direct la consumarea acesteia ca apă potabilă, fie indirect prin poluarea alimentelor de origine vegetală sau animală.

Tipuri de poluare

În cazul apei se cunosc mai multe tipuri de poluare:

Scanned with OKEN Scanner

- *poluarea biologică* - bacteriologică, virusologică, parazitologică - tipul cel mai vechi de poluare a apei; este legat în mod direct de activitatea umană şi de prezenţa faunei acvatice;
- *poluarea fizică* - se referă la poluarea apei cu substanţe radioactive, cu substanţe insolubile cu densitate mică, cu substanţe sedimentabile; tot în această categorie se încadrează poluarea termică a apei;
- *poluarea chimică* - reprezentată prin prezenţa în apă a substanţelor chimice, minerale sau organice, provenite mai ales din impurificări cu ape reziduale şi ape de şiroire, în **concentraţii diferite.**

Factorii care conduc la poluarea apei

Poluarea apei este rezultatul acţiunii simultane şi repetate a numeroşi factori:

- factori demografici, reprezentati de densitatea populaţiei dintr-o anumită zonă; intensitatea poluării este proporţională cu densitatea populaţiei;
- factori urbanistici, corespunzători dezvoltării aşezărilor umane care utilizează cantităţi mari de apă, care revin în natură sub formă de ape uzate, intens impurificate;
- nivelul de dezvoltare economică, mai ales industrială a unei regiuni.

Surse de poluare

Sursele de poluare ale apelor sunt numeroase şi pot fi clasificate după diverse criterii. Astfel, pot fi surse naturale sau surse artificiale, surse organizate sau neorganizate, surse accidentale sau sistematice etc.

Poluarea apelor subterane

Apele reziduale comunale, reziduurile menajere depozitate pe sol poluează şi contaminează apele subterane îndeosebi cu substanţe organice şi agenţi biologici, iar reziduurile industriale (lichide sau solide), prin infiltrare în sol, impurifică apele subterane prin substanţele chimice pe care le conţin. Reziduurile solide şi semisolide rezultate din centrele populate şi întreprinderile industriale depozitate pe suprafaţa solului pot impurifica apele subterane, mai ales dacă straturile de sol sunt permeabile sau insuficiente ca grosime.

Compuşii solubili prezenţi în aceste reziduuri, compuşii de degradare ai materiilor organice şi germenii microbieni ajung prin infiltrare în apa subterană.

Poluarea apelor de suprafaţă

Impurificarea apelor de suprafaţă se poate datora apelor reziduale comunale – rezultate de la nivelul centrelor populate, prin intermediul

Scanned with OKEN Scanner

sistemului de canalizare. Aceste ape se caracterizează printr-un conţinut crescut în germeni microbieni inclusiv germeni patogeni, paraziţi şi ouă de paraziţi. De asemenea, aceste ape conţin substanţe organice biodegradabile care consumă cantităţi mari de oxigen dizolvat în apă. Apele reziduale comunale pot fi deversate în apele de suprafaţă numai după ce sunt supuse procesului de purificare.

Poluarea apelor de suprafaţă se poate datora şi deversărilor de ape reziduale industriale. Acestea se caracterizează prin prezenţa de substanţe chimice, uneori nedegradabile sau cu grad crescut de toxicitate.

Deversarea apelor uzate, accidentală sau după purificarea necorespunzătoare în apa de suprafaţă, distruge organismele acvatice şi face apa bazinului receptor improprie de a mai fi utilizată în scopul destinat iniţial.

Poluarea apelor cu detergenţi ridică probleme multiple datorită implicaţiilor de ordin sanitar şi toxicologic. O mare parte din detergenţii folosiţi sunt compuşi anionici (alchil-sulfonaţi, alchil-aril-sulfonaţi etc) greu biodegradabili, astfel încât se constituie ca impurificatori importanţi ai apelor.

Detergenţii prezenţi modifică gustul şi mirosul apei; datorită proprietăţilor tensioactive încetinesc sau împiedică procesele de purificare.

Substanţele radioactive reprezintă un alt grup de poluanţi ai apelor de suprafaţă. Poluarea radioactivă a apelor de suprafaţă este cauzată de apele reziduale provenite de la reactoarele nucleare, de la instalaţiile de extracţie şi tratament a minereului radioactiv, din laboratoarele de cercetări şi dinunităţile de tratament.

Radionuclizii evidenţiaţi în apele provenite de la răcirea reactoarelor sunt ^{13}N, ^{16}N, ^{17}N, ^{19}O, iar printre radionuclizii proveniţi din celelalte surse, se cunosc: ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{144}Cs, ^{125}Sb, ^{226}Ra, ^{228}Ra.

Efectele poluării apei

Poluarea apei nu este întotdeauna vizibilă. Apa unui râu sau a unui lac poate părea curată, chiar dacă este puternic poluată. În apele subterane, care reprezintă surse de apă potabilă pentru majoritatea populaţiei rurale, identificarea unor poluanţi specifici este dificilă. Apoi, efectele poluării nu se manifestă imediat; uneori efectele nocive asupra organismului apar după mulţi ani de utilizare a unei surse de apă.

Un aspect particular al poluării apei îl reprezintă ploile acide, ca rezultat al „poluării atmosferice transfrontaliere la mare distanţă". Emisiile poluante pentru atmosferă sunt transportate pe toată surafaţa Globului de către curenţii de aer. În atmosferă, poluanţii primari prezenţi iniţial în emisiile poluante se transformă, prin reacţii fotochimice specifice, în poluanţi secundari. Mulţi dintre aceştia sunt mai toxici decât substanţele din care provin. Spre exemplu, oxizii de azot se pot transforma în acid azotic sau în compuşi peroxidici puternic oxidanţi. Dioxidul de sulf poate fi transformat în acid sulfuric. Precipitaţiile antrenează aceşti poluanţi şi cad pe sol sub formă de ploi acide, care ajung în

Scanned with OKEN Scanner

apele de suprafaţă şi perturbă echilibrul ecosistemului acvatic, cu consecinţe negative asupra mediului.

Dacă poluarea face apa improprie consumului uman, în scopuri decorative şi de agrement, în agricultură şi în industrie, în acelaşi timp, degradează mediul prin distrugerea vieţii acvatice, reducerea capacităţii de reproducere a vieţuitoarelor care trăiesc în apă şi, indirect, influenţează calitatea vieţii omului. Toate aceste aspecte se constituie în efecte ale poluării apei, concretizate ca: efecte asupra sănătăţii omului şi animalelor, modificarea proprietăţilor organoleptice, efecte ecologice, efecte economice.

Potenţialul toxic al poluanţilor din apă

Efectele poluării apei se răsfrâng asupra sănătăţii omului. Trebuie semnalat faptul că efectele toxice nu sunt privite doar prin prisma simptomelor demonstrabile ale intoxicaţiilor acute, subacute sau cronice ci şi aceea a efectelor cronice datorită microcantităţilor de poluanţi ingerate zilnic, apărând astfel pericolul unor efecte de lungă durată.

Consumarea apei potabile care conţine poluanţi chimici sau diferiţi agenţi biologici (bacterii, virusuri, paraziţi) are drept consecinţe diferite îmbolnăviri, cunoscute ca maladii hidrice neinfecţioasă (de natură chimică) sau de natură infecţioasă.

Modificarea caracterelor senzoriale ale apei

Un alt efect al poluării apelor cu substanţe chimice îl reprezintă modificarea caracterelor organoleptice ale apei.

Substanţele chimice prezente pot imprima apei un gust şi miros particulare, pot modifica turbiditatea şi culoarea apei. Toate aceste modificări limitează folosirea apei de către populaţie în scopul pentru care a fost destinată iniţial.

Efecte ecologice

Efectele ecologice ale poluării apelor decurg din acţiunea poluanţilor asupra echilibrului biologic din natură. Impurificatorii din apele de suprafaţă perturbă procesele biologice normale ale vieţuitoarelor din ape. Echilibrul biologic al diferitelor biocenoze din apă este deosebit de sensibil la modificări minime ale compoziţiei acesteia. Sunt distruse microorganismele din apă, dereglându-se prin aceasta procesele naturale de autopurificare. Suferă, de asemenea, şi alte organisme acvatice. Este vorba de efectele nocive ale poluanţilor asupra animalelor acvatice, importante pentru economia multor ţări.

Efecte economice

Utilizarea apelor poluate este limitată atât în industrie cât şi în agricultură. Apele poluate nu pot fi folosite în procese industriale deoarece perturbă procesul tehnologic. Astfel, conţinutul mare de săruri de calciu şi de magneziu imprimă apei o duritate ridicată care impiedică buna funcţionare a cazanelor prin depunerea sărurilor sub formă de cruste. Se semnalează defecţiuni ale instalaţiilor de răcire cauzate de apele dure. Apa cu un nivel ridicat de săruri de fier, de mangan şi dioxid de carbon nu poate fi folosită la

Scanned with OKEN Scanner

fabricile de hârtie. Apele poluate nu pot fi utilizate nici în agricultură, pentru irigaţii.

Poluanţii chimici din apele reziduale distrug vegetaţia, îmbogăţesc solul în compuşi chimici care contribuie atât la poluarea chimică a solului şi la diminuarea fertilităţii, cât şi la distrugerea culturilor agricole. Agenţii biologici care poluează apele reziduale, contaminează plantele alimentare cu germeni microbieni sau cu ouă de paraziţi cu implicaţii asupra calităţii produselor alimentare.

Dacă apele poluate produc neajunsuri în agricultură, trebuie să se ţină seama de faptul că şi agricultura contribuie la poluarea apelor. Substanţele chimice utilizate în tratamentele fitosanitare sau pentru fertilizarea terenurilor agricole, sunt antrenate de precipitaţii şi sunt vehiculate în apele de suprafaţă. Dacă sunt prezente pe sol în cantităţi mari, aceste substanţe chimice se pot infiltra şi în apele subterane pe care le impurifică şi le fac improprii pentru consumul uman.

1.8. Autopurificarea apelor

Apele de suprafaţă, ca şi cele subterane, au proprietatea de a se debarasa de impurităţile primite, proprietate cunoscută sub denumirea de autopurificare. În acest fel, după o anumită perioadă de timp, apa poate să ajungă la calităţile pe care le-a avut înainte de a interveni poluarea.

Autopurificarea este definită ca "ansamblul proceselor autonome de natură fizico-chimică şi biologică care redau apei poluate prin produşi organici sau minerali în suspensie sau în soluţie, puritatea anterioară poluării".

Autopurificarea apelor de suprafaţă

Substanţele poluante din apă se împart în două categorii: substanţe care persistă nemodificate în apă, nefiind supuse proceselor de autopurificare şi substanţe care nu persistă, fiind modificate sub acţiunea acestor procese.

O substanţă persistentă este aceea a cărei concentraţie este în raport direct cu diluţia, substanţa nefiind descompusă, modificată chimic sau îndepărtată fizic ca efect al proceselor naturale. De aceea, în cazul acestor substanţe, putem prevedea, prin determinarea concentraţiei lor într-un afluent ori efluent, ce concentraţie se va realiza în râul primitor, atâta vreme cât parametrii fizici ai amestecului nu se modifică pe parcurs. Clorurile reprezintă un exemplu tipic de substanţă persistentă care nu se modifică ca efect al autopurificării, concentraţia lor fiind în funcţie numai de diluţie.

Un poluant nepersistent, este acela care este supus proceselor biologice sau fizice (altele decât diluţia) care tind să-l modifice sau să-l îndepărteze din soluţie ori din suspensie. Spre exemplu, amoniacul este oxidat biochimic la nitrit şi apoi la nitrat care este asimilat de alge şi în cele din urmă este folosit de organismele animale din apă.

Procesele de autopurificare ale apei pot fi fizice, chimice sau biologice.

Scanned with OKEN Scanner

Procese fizice

Procesele fizice joacă un rol important în autopurificarea apei şi constau în:

- *diluţie şi amestec*; după deversarea apelor reziduale într-un receptor (râu fluviu, lac) are loc o diluţie a acestora din urmă în masa apei receptorului ducând la diminuarea gradului de poluare;
- *sedimentare*; sedimentarea constă în depunerea treptată a substanţelor minerale şi organice în suspensie în apă râului, depunere care se realizează în funcţie de mărimea, forma şi greutatea particulelor. Un rol important în sedimentarea poluanţilor îl are temperatura apei (sedimentarea efectuându-se mai bine la temperaturi mai ridicate), adâncimea ei şi mai ales viteza de curgere (cu cât aceasta este mai redusă cu atât sedimentarea este mai accentuată). Concomitent are loc şi o scădere a numărului de germeni care, fiind în mare parte adsorbiţi de particulele **insolubile, sedimentează odată cu acestea.**

Procesele fizice de autopurificare a apei sunt favorizate de anumiţi factori:

- *Radiaţiile ultraviolete* care exercită o acţiune bactericidă îndeosebi la suprafaţa apelor, intensitatea lor fiind influenţată de gradul de turbiditate al apei;
- *Temperatura apei* influenţează procesele de sedimentare, dar mai ales, acţionează direct asupra germenilor microbieni prezenţi în apă, în sensul că aceştia, fiind adaptaţi la temperatura corpului uman, nu întâlnesc condiţii prielnice de supravieţuire în apă. Indirect, temperatura apei influenţează purificarea apei şi determină viteza reacţiilor chimice şi biochimice care au loc în apă contribuind la autopurificarea acesteia.

Procese chimice

Procesele chimice joacă un rol secundar în autopurificarea apei. Ele se reduc la procese de neutralizare, oxidare, reducere, precipitare, adsorbţie, absorbţie, care au loc începând de la locul deversărilor între diverşi poluanţi sau între aceştia şi componente normale ale apei primitoare.

Procese biochimice

Prin transformarea substanţelor biodegradabile de către flora microbiană, în prezenţa oxigenului, rezultă compuşi cu molecula mică (NH_3, NO_2^-, NO_3^-, PO_4^{3-}).

Procesele biochimice de transformare şi descompunere a materiei organice sunt complexe şi diverse. Jocul complex al acţiunilor şi interacţiunilor dintre aceste diferite grupe determină transformarea şi dezintegrarea substanţelor organice, scindarea moleculelor cu greutate moleculară ridicată şi mineralizarea lor.

Scanned with OKEN Scanner

Radiaţiile solare, prin lumina ultravioletă acţionează ca şi factori fizici, distrugând bacteriile de la suprafaţă apelor. Oxigenul dizolvat participă, de asemenea, la oxidarea substanţelor organice din apă.

Salinitatea apei mărilor şi oceanelor contribuie în mod natural la procesul de autopurificare prin faptul ca unele microorganisme nu sunt capabile să supravieţuiască în mediul puternic salin, iar alte microorganisme nu se pot înmulţi în aceste condiţii mediu.

Procesele de autopurificare ale apei se desfăşoară în mod diferit şi se evidenţiază prin indicatori de asemenea diferiţi, după cum este vorba de poluări cu substanţe organice uşor biodegradabile provenite din ape reziduale comunale sau dimpotrivă, poluări cu substanţe greu biodegradabile, provenite din apele reziduale industriale.

1. 9. Apa potabilă

Apa potabilă (apa bună de băut, apa pentru consum uman) se defineşte ca fiind „apa care prezintă caracteristici organoleptice, fizico-chimice şi igienico-sanitare care îi permit să fie consumată fără a afecta starea de sănătate a consumatorului".

Conform legislaţiei în vigoare (Anexa I):"Prin apă potabilă se înţelege apa destinată consumului uman, după cum urmează:

- orice tip de apă în stare naturală sau după tratare, folosită pentru băut, la prepararea hranei ori pentru alte scopuri casnice, indiferent de originea ei şi indiferent dacă este furnizată prin reţea de distribuţie, din rezervor sau este distribuită în sticle ori în alte recipiente;
- toate tipurile de apă folosită ca sursă în industria alimentară pentru fabricarea, procesarea, conservarea sau comercializarea produselor ori substanţelor destinate consumului uman, cu excepţia cazului în care Ministerul Sănătăţii şi Familiei şi Ministerul Agriculturii, Alimentaţiei şi Pădurilor aprobă folosirea apei şi este demonstrat că apa utilizată nu afectează calitatea şi salubritatea produsului alimentar în forma lui finită".

1.9.1. Surse de apă potabilă

Ca sursă de apă potabilă pot fi utilizate: ape meteorice, ape subterane, ape de suprafaţă. În funcţie de puritate, de natura şi complexitatea operaţiilor de prelucrare în scop potabil, legislaţia Uniunii Europene (Directiva Europeană 98/83/CE din 3 noiembrie 1998, pulicată în Decret 2001-1220 din 20 noiembrie 2001, revizuit la 01.01, 2006) defineşte trei categorii de surse de apă potabilă (Anexa II):

- categoria A_1 - apă bună - apă care necesită un tratament fizic sumar şi dezinfecţie;
- categoria A_2 - apă medie - apă care necesită tratament fizico-chimic normal şi dezinfecţie;

Scanned with OKEN Scanner

- categoria A_3 - apă mediocră - apă care necesită tratament fizico-chimic intens, tratare cu cărbune activ şi dezinfecţie.

Ape meteorice

De obicei, apele meteorice nu îndeplinesc cerinţele igienice, motiv pentru care nu sunt indicate pentru alimentare cu apă potabilă; au debit foarte variabil şi adeseori redus, au conţinut crescut în germeni microbieni, gust fad datorită lipsei sărurilor minerale etc. Apa meteorică poate fi utilizată în scop menajer pentru spălat şi gătit, fiind o apă moale, săracă în săruri de calciu şi de magneziu.

Ape subterane

În raport cu adâncimea la care se găsesc, apele subterane pot fi clasificate în ape freatice şi ape de adâncíme.

Apele freatice sunt acele ape care se acumulează în cursul procesului de infiltrare deasupra primului strat impermeabil de sol. Ele sunt lipsite de presiune şi au nivelul hidrostatic liber.

Colectivităţile din mediul rural, de regulă, se alimentează cu apă din pânzele freatice, pe care le exploatează prin fântâni de adâncimi variabile, de la 2-3 m până la 10-12 m şi chiar mai mult. Când se găsesc la adâncimi mici, de numai câtiva metri, apele freatice prezintă variaţii de debit şi ale proprietăţilor organoleptice, fizice şi chimice (Tabel IV, Anexa II). În acelaşi timp, sunt uşor impurificate de la suprafaţa solului, mai ales atunci când există pe sol reziduuri de natură menajeră sau industrială. Folosirea apelor freatice direct ca apă potabilă, se face cu mari precauţii: captarea în amonte de centrele populate şi obiectivele industriale, alegerea pânzelor acvifere de la o adâncime mai mare; amenajarea corespunzătoare a captării; asigurarea zonei de protecţie sanitară.

În general, apele freatice sunt ape de categoria A_2.

Ape de adâncime (interstratale)

Aceste ape sunt situate sub primul strat impermeabíl de sol (pânze de apă interstratale), cel inferior permiţând acumularea apei, iar cel superior asigurând protecţia sa. Prin stratul impermeabil superior, pânzele de apă interstratale sunt izolate pe întinderi mari de precipitaţiile atmosferice şi de apele subterane situate deasupra lor, fapt care explică puritatea acestor ape.

Din punct de vedere cantitativ, apele de adâncime au un debit constant, neinfluenţat de variaţiile precipitaţiilor atmosferice. De asemenea, pe lângă faptul ca sunt ferite de impurificări şi contaminări, proprietăţile lor fizice şi chimice variază mai puţin decât proprietăţile apelor freatice, astfel încât compoziţia lor minerală capătă un caracter constant.

Apele de profunzime se caracterizează prin concentraţii mai mari de săruri de amoniu rezultate din procesele chimice şi biochimice naturale

Scanned with OKEN Scanner

care se desfăşoară în sol. Oxigenul liber din apele de suprafaţă care se infiltreaza în sol se consumă treptat pentru oxidarea substanţelor organice. De aceea, cu cât adâncimea la care se găsesc apele subterane este mai mare, cu atât conţinutul lor în oxigen scade; apele de la adâncimi foarte mari pot fi complet lipsite de oxigen. În aceste condiţii poate avea loc reducerea nitraţilor la amoniac. Concentraţia mai crescută a amoniacului în apele subterane profunde nu constituie în aceste cazuri un indiciu de impurificare cu substanţe organice; de altfel şi conţinutul în cloruri este redus, iar din punct de vedere bacteriologic apa este corespunzătoare.

Spre deosebire de apele freatice, apele de adâncime nu conţin decât cantităţi mici de substanţe humice, ceea ce explică oxidabilitatea lor redusă şi culoarea puţin intensă.

Aşa cum s-a menţionat, apele de profunzime îndeplinesc, de obicei, condiţiile de potabilitate (categoria A_1) fiind recomandate în aprovizionarea cu apă potabilă a centrelor populate. Dar, din punct de vedere cantitativ, foarte adesea, ele nu pot acoperi necesităţile colectivităţilor mari, dezvoltate urbanistic şi industrial.

Ape de suprafaţă

Apele de suprafaţă pot fi folosite în aprovizionarea colectivităţilor când au un debit suficient şi relativ constant.

Datorită contactului permanent cu mediul înconjurator şi mai ales prin prezenţa poluării determinate de apele de şiroire şi de deversarea apelor reziduale chiar purificate, apele de suprafaţă nu pot fi utilizate ca apă potabilă decât după o prealabilă purificare şi dezinfecţie (Tabel V, Tabel VI - Anexa II).

Dintre apele suprafaţă, apele curgătoare permanente (râuri, fluvii) şi apele stătătoare (lacuri naturale sau artificiale) se pot folosi ca surse de aprovizionare cu apă (categoria A_3).

Râurile pot fi considerate ca surse posibile de alimentare cu apă numai când debitul lor depăşeste într-o măsură apreciabilă cantitatea de apă necesară unui anumit centru populat. La proiectarea instalaţiilor de aprovizionare cu apă se ia ca bază de calcul debitul minim anual, asigurat tot timpul anului.

Compoziţia apei de râu este modificată în anumite perioade de apele de şiroire care antrenează de la suprafaţa solului tot felul de impurităţi.

Dintre apele stătătoare, lacurile naturale, atunci când dispun de debite mari, pot fi utilizate în aprovizionarea cu apă. Ele prezintă avantajul că, având bazinul de alimentare mai limitat în comparaţie cu al apelor curgătoare, pot fi mai uşor protejate împotriva poluării.

Lacurile artificiale sunt de multe ori folosite ca sursă de apă potabilă.

Apa mărilor şi oceanelor necesită tratamente speciale care să asigure o desalinizare corespunzătoare pentru a putea fi transformate în apă potabilă.

Scanned with OKEN Scanner

1.9.2. Prelucrarea apei în scop potabil

Aprovizionarea centrală cu apă cuprinde ansamblul construcţiilor şi al instalaţiilor folosite pentru captarea, transportul, tratarea şi eventual corectarea parametrilor apei, înmagazinare şi distribuire a apei potabile în centrele populate.

Sectoarele componente ale unei instalaţii centrale de prelucrare a apei în scop potabil sunt: sectorul de captare, sectorul de purificare (corectare), sectorul de înmagazinare şi sectorul de distribuţie.

Funcţionarea corectă a acestor instalaţii şi controlul lor sistematic de către personalul sanitar şi cel tehnic al uzinelor de apă, are o deosebita importánţa în asigurarea apei de calitate corespunzătoare şi în cantitate suficientă pentru a acoperi toate necesităţile localităţii alimentate.

1.9.2.1. Sectorul de captare

Ca surse pentru alimentarea centrală cu apă potabilă pot fi utilizate ape subterane sau ape de suprafaţă.

Folosirea în aprovizionarea cu apă a surselor subterane implică efectuarea prealabilă de studii hidrogeologice şi analize de laborator în vederea stabilirii condiţiilor de exploatare ale sursei.

Amenajarea unei instalaţii centrale care urmează a utiliza o sursă de apă de suprafaţă trebuie precedată de studii asupra debitului şi condiţiilor calitative ale apei.

1.9.2.2. Tratarea apei

Apa captată din surse subterane sau de suprafaţă este condusă în instalaţiile de tratare prin cădere naturală, dacă "sorbul" este în amonte şi la nivel mai ridicat sau cu ajutorul unei instalaţii de pompare.

Tratarea apei constă în aducerea acesteia la parametrii fizico-chimici impuşi de normativele sanitare pentru apa destinată consumului uman. În general, tratarea cuprinde reducerea turbidităţii prin decantare-coagulare-floculare - filtrare (pentru apele din categoria A_3), dezinfecţie (pentru toate categoriile de apă) şi, eventual, corectarea unor parametri fizici şi chimici. Reducerea turbidităţii apei brute se realizează prin sedimentarea simplă sau, cel mai adesea cu ajutorul coagulanţilor (coagularea apei) şi filtrarea ei prin filtre granulare sau prin membrane.

Sedimentarea apei

În mod curent, apele de suprafaţă au un anumit grad de turbiditate care, după precipitaţii şi dezgheţ, poate fi extrem de crescut; uneori au o coloraţie particulară şi de aceea trebuie limpezite şi decolorate. În acest scop se folosesc instalaţii de decantare (decantoare) în care se efectuează depunerea suspensiilor.

Decantarea simplă se realizează în bazine de decantare special amenajate de tip orizontal sau vertical cu un etaj sau doua, astfel construite încât apa să circule cu o viteză foarte redusă (5-9 mm/s), traversarea

Scanned with OKEN Scanner

decantorului făcându-se în 2-4 ore, timp în care suspensiile se depun. În decantoarele de tip orizontal particulele de dimensiuni mai mari sedimentează mai repede şi se depun în mare parte chiar la întrarea apei în decantor, iar particulele de dimensiuni mai mici, cu o viteză de sedimentare mai redusă, se depun spre extremitatea de la ieşirea decantorului. O parte din particule, cele de dimensiuni foarte mici, nu se depun în decantor, ele fiind antrenate în afluent şi reţinute ulterior în filtre.

Proporţia în care particulele în suspensie se depun în bazinele de decantare simplă este de 40-60%.

Coagularea apei

Deoarece apele de suprafaţă conţin multe particule coloidale şi suspensii fine care se sedimentează foarte lent, decantarea simplă nu poate realiza o bună limpezire. De aceea, pentru o mai bună sedimentare, se folosesc substanţe coagulante care, introduse în apă, formează flocoane la suprafaţa cărora se adsorb o mare parte din particulele în suspensie, flocoanele devin mai mari şi, sub acţiunea gravitatiei, se depun, antrenând concomitent şi celelalte particule prezente în apă.

Procesul coagulării implică următoarele operaţiuni: dizolvarea şi dozarea coagulantului, amestecarea cu apă de coagulat şi crearea condiţiilor optime pentru formarea flocoanelor şi depunerea lor. Pentru fiecare dintre aceste operaţii există instalaţii speciale. Pentru răspândirea uniformă a soluţiei de coagulant în întreaga masă a apei, coagulantul se introduce în compartimentul iniţial al instalaţiei de decantare, unde se realizează amestecul rapid şi complet al coagulantului cu apă brută. În instalaţiile moderne de coagulare, dozarea coagulanţului şi amestecarea cu apa brută se realizează simultan.

În cursul amestecării începe formarea flocoanelor care se finalizează în decurs de 20-40 minute, într-un bazin aflat în continuarea celui de amestec, denumit cameră de reacţie. În acest bazin se produce aglomerarea flocoanelor, impiedicându-se însă sedimentarea lor înainte de finalizarea procesului de coagulare.

În scopul evitării sedimentării în camerele de reacţie, se realizează o mişcare lentă a apei (0,2-0,3 m/s) cu ajutorul unor dispozitive mecanice (floculatoarele).

Din bazinul de reacţie, apa trece în decantoare, unde flocoanele se sedimentează şi apa devine limpede.

Coagularea se efectuează cu săruri ale metalelor trivalente (aluminiu, fier) care, prin hidroliză sau disociere, eliberează ioni metalici care neutralizeaza sarcina electrică a coloidului, distrugând astfel echilibrul cinetic al soluţiei coloidale.

În aceste condiţii particulele nu se mai resping, îşi pierd capacitatea de difuzie şi, ciocnindu-se, se agregă, se coagulează.

Forţa gravitaţiei face ca particulele coagulate să se depună, să sedimenteze. Procesul reducerii gradului de dispersie al particulelor

comp. inițial
bazin de reacție
decantoare

coloidale trece prin stadiul coagularii latente apoi prin stadiul coagularii aparente asociată cu formarea flocoanelor şi sedimentarea lor.

Substanţele utilizate pentru a realiza coagularea şi flocularea pot fi: săruri anorganice şi polimeri naturali sau sintetici.

Pentru coagulare sunt utilizate următoarele substanţe anorganice:

- sulfatul de aluminiu - $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$
- clorura de aluminiu - $AlCl_3$
- sulfatul feros - $FeSO_4 \cdot 7H_2O$
- clorura ferică - $FeCl_3 \cdot 6H_2O$
- sulfatul feric - $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 10H_2O$.

Coagularea apei cu săruri de aluminiu

Sulfatul de aluminiu este cel mai utilizat coagulant pentru purificarea apei în scop potabil.

La introducerea sulfatului de aluminiu în apă au loc reacţiile:

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6CO_2$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Mg(HCO_3)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3MgSO_4 + 6CO_2$$

Flocoanele de hidroxid de aluminiu, având încărcare electrică pozitivă, adsorb particulele coloidale încărcate negativ. Pe lângă aceasta acţiune, hidroxidul de aluminiu acţionează şi în mod mecanic, întrucât, prin sedimentare, flocoanele antrenează şi unele suspensii organice, microorganisme etc.

Sulfaţii de calciu şi de magneziu ca şi dioxidul de carbon rezultaţi din reacţie nu participă la procesul de formare al flocoanelor. Dioxidul de carbon format poate creşte corosivitatea apei. Pentru ca flocularea apei să aiba loc în condiţii optime este necesar ca aceasta să aibă un anumit grad de alcalinitate, respectiv o anumita duritate temporară (imprimată de bicarbonaţi).

După întroducerea în apă a sulfatului de aluminiu are loc, imediat, hidroliza acestuia cu formarea hidroxidului de aluminiu şi a ionilor H^+:

$$Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O \leftrightarrow Al(OH)_3 + 6H^+ + 3SO_4^{2-}$$

Ionii de hidrogen sunt fixaţi de ionii HCO_3^- din apă; în cazul în care duritatea temporară (conţinutul de bicarbonaţi) este mică, ionii de H^+ rămân liberi, scad pH-ul apei sub valorile optime şi flocularea încetează. De aceea, în cazul apelor cu duritate redusă este necesară adăugarea carbonatului de sodiu pentru alcalinizare. De obicei, alcalinitatea naturală a apelor de suprafaţă este suficientă pentru ca procesul de coagulare să se desfăşoare normal. Uneori, primăvara, în urma afluxului apelor de precipitaţii alcalinitatea apei se micşorează si, în aceste cazuri, se

Scanned with OKEN Scanner

procedează la alcalinizarea apei. Adăugarea carbonatului de sodiu trebuie făcută înainte de adăugarea coagulantului.

Eficacitatea procesului de coagulare este influenţată nu numai de alcalinitatea apei ci şi de alţi factori ca: temperatura, turbiditate, pH, prezenţa unor coloizi (substanţe humice), caracterul suspensiilor etc.

Doza de coagulant necesară depinde în mare măsură de gradul de turbiditate şi de coloraţia apei brute. Prezenţa unor cantităţi crescute de suspensii favorizează formarea flocoanelor, particulele în suspensie formând, împreună cu flocoanele de coagulant, particule mai grele. În cazul unei turbidităţi reduse şi a unei coloraţii intense a apei brute, procesul de coagulare se desfăşoară foarte lent, deoarece coloraţia este legată de prezenţa în apă a substanţelor coloidale. În aceste cazuri este necesar a se adauga în apă substanţe care, distrugând coloizii, accelerează procesul de coagulare (floculanţi).

Doza optimă de coagulant se stabileşte pe cale experimentală, în funcţie de caracteristicile apei brute: conţinutul în materii organice, turbiditate, temperatură, pH, alcalinitate. În general, doza de coagulant este de 2mg Fe/mg COT, pentru sărurile de fier şi de 1 mg Al/mg COT pentru sărurile de aluminiu. În aceste condiţii, randamentul de eliminare a materiilor organice în suspensie este de 60%.

Pentru reducerea conţinutului în materii organice în măsură să conducă la apă potabilă cu concentraţii minime de trihalometani este necesară asocirea procesului de limpezire cu utilizarea cărbunelui activ şi chiar a filtrării prin membrane.

Dacă se folosesc cantităţi insuficiente de coagulant, formarea flocoanelor este perturbată, limpezirea este slabă şi calitatea apei poate fi necorespunzătoare.

O doză excesivă poate, de asemenea, perturba procesul de formare al flocoanelor, deoarece nu poate hidroliza întreaga cantitate de coagulant, reacţia având loc pe filtre, în apă filtrată sau în conductele reţelei de distribuţie. În plus, concentraţia ionilor de aluminiu în apă potabilă poate depăşi valorile permise de legislaţia sanitară. OMS a fixat ca valori recomandate pentru ionul aluminiu 200 µg/L pentru sistemele de distribuţie de capacitate mică şi 100 µg/L pentru cele de mare capacitate. (Observaţie: limita de detecţie pentru aluminiu este de 20 µg Al^{3+}/L).

Pentru menţinerea concentraţiei în aluminiu la cel mai scăzut nivel posibil, este necesar:

- controlul permanent al caracteristicilor fizico-chimice ale apei brute, a alcalinităţii totale şi a temperaturii, parametri care modifică condiţiile optime de floculare;
- corectarea pH-ului după etapa de filtrare, pentru a menţine un echilibru carbonat-bicarbonat care să nu permită redizolvarea hidroxidului de aluminiu reţinut la nivelul filtrelor.

Scanned with OKEN Scanner

- urmărirea turbidităţii apei filtrate şi menţinerea acesteia la valori mai mici de 0,5 NFU

Temperaturile scăzute încetinesc formarea flocoanelor, fapt care se constată frecvent în timpul iernii şi care poate fi remediat prin: adăugarea unor doze crescute de coagulant, agitare mai energică, adăugarea de acceleratori de coagulare sau, cel mai bine prin utilizarea coagulanţilor pe bază de săruri de fier. Procesul de coagulare este deficitar la temperaturi mai mici de 10°C.

Domeniul de pH pentru eficienţa optimă a coagularii cu sulfat de aluminiu este cuprins între 6,0-7,4. Solubilitatea hidroxidului de aluminiu este minimă la pH = 6,5.

În cazul utilizării clorurii de aluminiu reacţia este următoarea:

$$2AlCl_3 + 6HCO_3^- \rightarrow 2Al(OH)_3 + 6Cl^- + 6CO_2$$

Aciditatea imprimată de ionii H^+ poate fi neutralizată de ionii bicarbonat prezenţi în apă sau prin adaugare de hidroxid de calciu:

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3Ca^{2+} + 3SO_4^{2-}$$

Coagularea cu compuşi macromoleculari ai aluminiului

Optimizarea procesului de coagulare se realizează prin utilizarea de compuşi macromoleculari ai aluminiului care neutralizează şi destabilizează coloizii din apă, astfel eficientizând procesul. Polimerii sunt iniţiatori ai aglomerării flocoanelor de hidoxid de aluminiu. Polimerii hidroxidului de aluminiu au aceeaşi structură de bază ca şi cea a cristalelor. Unitatea de bază ar putea fi $Al_6(OH)_{12}^{6+}$.

O formulă generală pentru aceşti compuşi ar fi: $Al_n(OH)_p(Cl)_q(SO_4)_r$ (raportul între numărul de grupări OH şi de ioni Al este 0,4 – 0,6), pentru policlorosulfaţi de aluminiu şi $Al_n(OH)_p(Cl)_{3n-p}$ pentru policlorura de aluminiu. Avantajul utilizării polimerilor constă în obţinerea de flocoane mai compacteşi uşor sedimentabile.

În cazul în care hidroliza sulfatului de aluminiu nu este totală (rămân concentraţii prea mari de aluminiu în apa de distribuţie) este necesară modificarea tehnicii de coagulare-floculare prin:

- utilizarea unui floculant care să iniţieze şi să intensifice precipitarea aluminiului;
- adaptarea vitezei de decantare;
- spălarea filtrelor şi menţinerea unei pauze după aceste operaţii pentru maturarea filtrului.

Coagularea apei cu săruri de fier

Pentru unele situaţii în care coagularea cu compuşi de aluminiu nu conduce la o limpezire corespunzătoare a apei, se folosesc drept coagulanţi sărurile de fier. La introducerea acestora în apă au loc reacţiile:

Scanned with OKEN Scanner

$$2FeCl_3 + 6HCO_3^- \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 6Cl^- + 6CO_2$$

$$Fe_2(SO_4)_3 + 6HCO_3^- \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 3SO_4^{2-} + 3CO_2$$

$$2FeClSO_4 + 6HCO_3^- \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 2Cl^- + 2SO_4^{2-} + 6CO_2$$

$$FeSO_4 + 2HCO_3^- \rightarrow Fe(OH)_2 + SO_4^{2-} + 2CO_2$$

$$2Fe(OH)_2 + 1/2O_2 + H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3$$

Se formează hidroxidul feric care se depune o dată cu suspensiile din apă.

În cazul apelor cu alcalinitate scăzută, neutralizarea acidităţii rezultate din hidroliza sărurilor de fier se realizează prin adăugare de hidroxid de calciu, conform reacţiilor:

$$2FeCl_3 + 3Ca(OH)_2 \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 6Cl^- + 3Ca^{2+}$$

$$Fe_2(SO_4)_3 + (Ca(OH)_2 \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 3SO_4^{2-} + 3Ca^{2+}$$

În practică, pentru limpezirea satisfăcătoare a apelor de suprafaţă cu turbiditate ridicată (categoria A_3) se asociază sărurile de fer şi cele de aluminiu.

Coagularea cu coagulanţi organici de sinteză

Tehnologiile de purificare a apei în scop potabil utilizează în prezent şi alte categorii de substanţe coagulante, care să permită creşterea randamentului instalaţiilor, scăderea costurilor şi, nu în ultimul rând, obţinerea apei potabile de înaltă puritate.

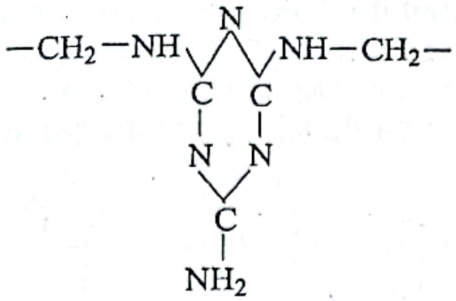
Utilizarea coagulanţilor organici conduce la o reducere substanţială a cantităţii de nămol, iar nămolul separat este dens şi aderent.

Selectarea coagulanţilor sintetici de natură organică trebuie realizată cu mare atenţie, deoarece eficienţa lor este determinată de proprietăţile apei brute; pH–ul apei trebuie adaptat la parametrii de reacţie ai coagulantului.

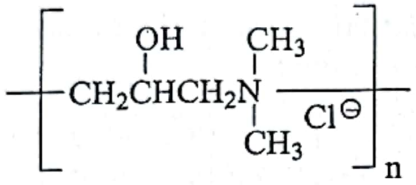
În prezent sunt utilizate trei categorii de coagulanţi organici de sinteză:

- melaminformaldehide:

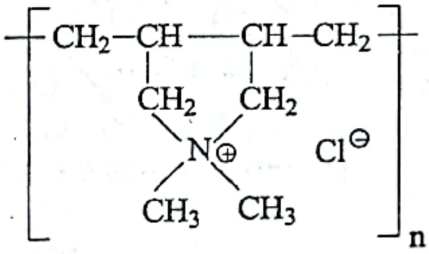
Scanned with OKEN Scanner



- epiclorhidrin dimetilamina (EPI, DMA):



- policlorura de dialil-dimetil amoniu (POLYDADMAC):

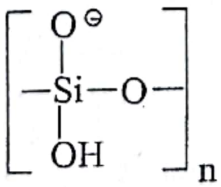


Coagulanţii organici au avantajul că modifică nesemnificativ pH-ul apei şi produc un nămol puţin voluminos.

Acceleratori ai coagulării – floculanţi

Optimizarea procesului de limpezire al apei se realizează prin asocierea coagulanţi – floculanţi.

Ca accelerator al procesului de coagulare – floculant - se foloseşte cu bune rezultate silicatul de sodiu – $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$ (siliciu activat). Siliciul activat în doze 4-8 ppm favorizează formarea flocoanelor prin modificarea pH-ului; se obţin flocoane uniforme şi voluminoase.



Siliciu activat

Scanned with OKEN Scanner

Siliciu activat a fost primul agent de floculare utilizat; asigură o bună limpezire a apei, în special când este folosit împreună cu sulfatul de aluminiu. Se introduce în apă simultan cu coagulantul.

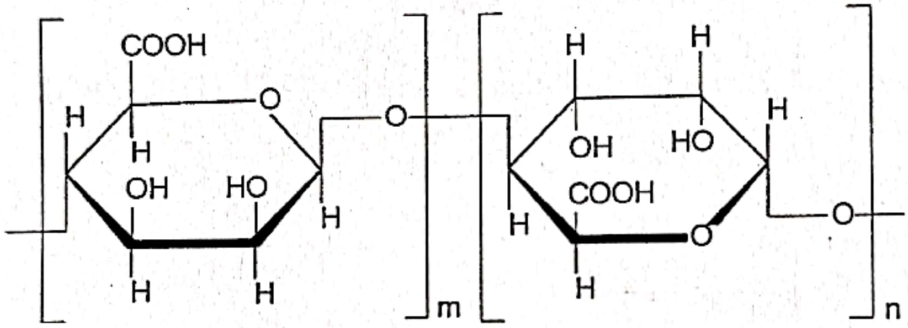
Alţi compuşi anorganici utilizaţi ca floculanţi pentru capacitatea de a forma flocoane voluminoase:

alumino-silicaţi:

- bentonite, caolin;
- carbonat de calciu;
- kiselgur;
- cărbune activat (utilizat în principal ca adsorbant);
- clorura de sodiu.

Dintre floculanţii organici - polimeri naturali de origine vegetală sau animală, respectiv polimeri sintetici, se folosesc:

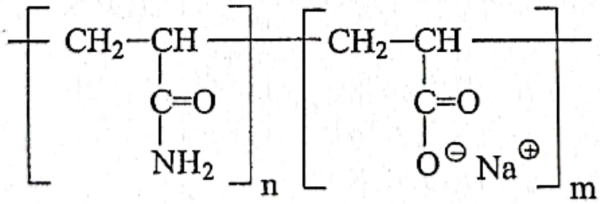
Alginaţii de sodiu sunt obţinuţi din acid alginic extras din alge marine:



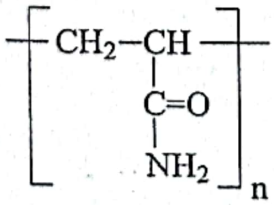
Se utilizează mai ales, în asociere cu sărurile de fier; se obţin rezultate bune şi la asocierea cu sărurile de aluminiu.

Amidonul, în concentraţie de 1-10 mg/L, este utilizat în asociere cu sărurile de aluminiu.

Compuşi anionici – copolimeri ai acrilamidei cu acidul acrilic:

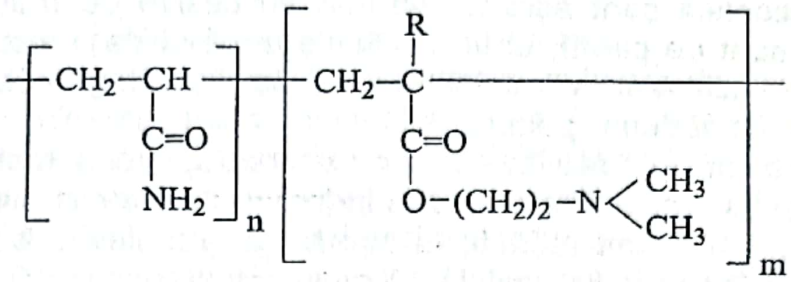


Compuşi neionici – poliacrilamidele:



Scanned with OKEN Scanner

Compuşi cationici - copolimeri ai acrilamidei cu un monomer cationic (dimetil-amino-etil-metacrilat sau dimetil-amino-etil-acrilat):



Utilizarea floculanţilor permite creşterea eficienţei procesului de coagulare; pentru utilizarea în procesul tehnologic de tratare a apei sunt disponibili sub formă solidă, emulsie sau soluţie.

În prezent, din necesitatea de a îmbunătăţi calitatea apei destinate consumului uman în ţările puternic dezvoltate economic, se înlocuieşte limpezirea clasică a apei prin coagulare - floculare cu coagularea magnetică. Mecanismul pe care se bazează această nouă tehnică de reducere a turbidităţii apei este atracţia electromagnetică. Avantajul major al metodei constă în neintroducerea în apă a unor substanţe chimice străine de compoziţia chimică a acesteia.

Filtrarea apei

Prin decantare, chiar însoţită de coagulare, nu se poate obţine o apă suficient de limpede şi lipsită de germeni, care să satisfacă cerinţele apei pentru consum uman. De aceea, după coagulare şi decantare, apa se filtrează prin materiale cu pori fini, la suprafaţă şi în interiorul cărora suspensiile,germenii microbieni şi alte impurităţi eventual ramase, sunt reţinute.

În prezent, filtrarea apei se realizează prin filtre granulare (din nisip) sau prin filtre tip membrană.

Filtrarea prin filtre granulare

Ca material de filtrare se foloseste, de obicei, nisipul în straturi de o anumită grosime şi cu o anumită granulometrie.

Nisipul utilizat pentru filtrare poate fi extras din râuri (granule rotunjite) din zone de coastă (galet concasat, sub formă de granule angulare). Nisipul trebuie să fie dur, cuarţos, cu un conţinut de bioxid de siliciu de minimum 87%; alte componente: oxid de aluminiu 6,61%, oxid de calciu 0,11%, oxid de fier 0,45%, materii organice maximum 0,5%. Alţi parametri de calitate pentru nisipul de filtrare: volumul porilor 25%, diametrul granulelor de 0,5-0,7 mm şi un coeficient de uniformitate mai mic de 1,5. Stratul de apă de deasupra

Scanned with OKEN Scanner

nisipului variază între 1,2-1,8 m. Filtrele pot funcţiona în sistem gravitaţional sau sub presiune.

Un filtru gravitaţional este alcătuit dintr-un bazin cu pereţi din beton, care are la partea inferioară un sistem de drenare a apei filtrate iar deasupra acestuia sunt aşezate straturi succesive de material filtrant şi anume: un strat de piatră, unul de pietriş cu rolul de a susţine stratul de nisip care reprezintă adevăratul filtru, unul de nisip cu granulaţie mare şi, la suprafaţă, un strat de nisip fin.

Filtrarea apei se realizează prin trecerea apei coagulate prin filtrul de nisip. În timp ce apa străbate de sus în jos stratul de nisip, impurităţile sub formă de particule sunt reţinute la suprafaţă granulelor. Aceste impurităţi sunt eliminate din filtru cu prilejul spălarii acestuia.

Eficienţa filtrării depinde de granulaţia nisipului filtrant, de viteza de filtrare, precum şi de dimensiunea particulelor în suspensie şi de gradul de încărcare microbiană a apei.

Apa filtrată este supusă, în continuare, procesului de dezinfecţie.

Filtrarea prin membrane

Filtrarea apei prin membrane, cunoscută sub numele de „separare prin membrane", constituie o „minirevoluţie" în procesul de prelucrare a apei în scop potabil. Principiul acestei metode constă nu în a elimina chimic micropoluanţii, ci de a-i extrage fizic. Avantajul major constă în neutilizarea nici unui reactiv chimic şi obţinerea unei ape foarte pure, fără miros sau gust dezagreabile, de calitate constantă. Aplicarea pe scară industrială, pentru obţinerea unor cantităţi mari de apă potabilă este limitată de costul ridicat al noii metode de purificare a apei. În funcţie de natura membranelor filtrante, separarea prin membrane se realizează ca ultrafiltrare sau ca nanofiltrare.

Ultrafiltrarea este o tehnică separativă care utilizează membrane organice poroase (hidrofile) care au capacitatea de a reţine materii coloidale, alge, bacterii, virusuri, macromolecule organice. (Osmoza inversă şi nanofiltrarea pot reţine materii dizolvate şi chiar ioni). Membranele pentru ultrafiltrare au dimensiunile porilor de ordinul 0,01μm.

Membranele de ultrafiltrare sunt fabricate din poliacrilonitril, polimeri celulozici sau poli-eter-sulfonaţi, materiale rezistente la oxidanţi (mai ales la clor, utilizat în etapa de preclorinare). Polimerii celulozici sunt hidrolizabili la pH alcalin şi, de aceea, apa trebuie adusă la pH uşor acid înainte de filtrare. Membrana filtrantă este montată pe un suport poros (poziţionat în funcţie de sensul de filtrare), pentru a-i conferi rezistenţă. Filtrarea se poate realiza de la interior spre exterior sau în sens invers. Viteza se filtrare este influenţată de metoda aplicată, turbiditatea, vâscozitatea şi temperatura apei. Debitul de filtrare, în condiţii optime se poate situa între 60 şi 100 $L/h/m^2$.

Ultrafiltrarea, ca metodă de purificare a apei, este aplicată în scopul reducerii valorii carbonului organic total, precursori pentru trihalometanii din apă. Printre avantajele aplicării acestei tehnici de filtrare sunt cunoscute:

Scanned with OKEN Scanner

- instalaţii compacte, cu posibilităţi ridicate de automatizare;
- reducerea încărcăturii cu bacterii şi virusuri din apă şi, implicit diminuarea dozelor de clor şi a produşilor secundari de dezinfecţie;
- posibilitatea de adaptare rapidă a instalaţiei la caracteristicile apei de filtrat;
- posibilitatea prelucrării volumului dorit de apă

Asocierea ultrafiltrării cu filtrarea prin pulbere de cărbune activ conduce la eliminarea micropoluanţilor şi a trihalometanilor din apă compuşi responsabili de numeroase patologii de natură hidrică.

Nanofiltrarea se bazează pe acelaşi principiu ca şi ultrafiltrarea, diferenţa esenţială fiind dimensiunea porilor membranei, care este de 10 ori mai redusă (0,001micrometri). Filtrul propriu-zis este alcătuit din trei straturi din materiale diferite situate în jurul unui tub central. Apa de filtrat este injectată sub presiune, traversează filtrul de la exterior spre interior şi este colectată în tubul central. Nanofiltrarea reţine toţi poluanţii în soluţie (de natură biologică, organică sau minerală), indiferent de concentraţie, fără a fi necesară utilizarea cărbunelui activ. Calitatea apei filtrate permite reducerea semnificativă a dozei de clor pentru dezinfecţie. Singurul dezavantaj tehnic este acela că se obţine o apă atât de pură încât, pentru a fi consumată ca apă potabilă trebuie remineralizată.

1.9.2.3. Dezinfecţia apei

Prin limpezirea apei (decantare, coagulare-floculare şi filtrare) numărul de germeni din apă se reduce într-o mare măsură fără a se realiza totuşi condiţiile bacteriologice pe care le impune apa potabilă. De aceea, după purificare apa trebuie dezinfectată, dezinfecţia fiind în mod obligatoriu faza finală în procesul de prelucrare al apei.

Prin dezinfecţie se înţelege îndepărtarea completă a germenilor patogeni din apă şi reducerea celor saprofiţi până la limitele impuse de normativele sanitare.

Procesul de dezinfecţie se aplică nu numai apelor de suprafaţă care necesită reducerea turbidităţii până la limita cerută pentru apă potabilă, ci şi pentru apele subterane, captate pentru a asigura o sursă centrală de aprovizionare cu apă.

Dezinfecţia apei se poate realiza prin metode chimíce şi fizice.

Dezinfecţia apei prin metode chimice

Metodele chimice de dezinfecţie a apei se bazează pe acţiunea oxidantă a unor substanţe faţă de microorganismele din apă.

Substanţele care se folosesc pentru dezinfecţia apei trebuie să respecte anumite condiţií:

- să fie eficace faţă de bacterii şi virusuri într-un timp cât mai scurt;
- să nu modifice proprietăţile senzoriale ale apei;
- să nu favorizeze formarea în apă a unor substanţe nocive pentru organism;

Scanned with OKEN Scanner

- să fie uşor de aplicat şi de procurat;

Metodele chimice frecvent aplicate pentru dezinfecţia apei sunt:

- clorinarea sau clorizarea apei;
- ozonizarea apei;

Pot fi amintite ca metode chimice de dezinfecţie, mai puţin aplicate: permanganizarea apei, dezinfecţia cu brom, dezinfecţia apei cu acid peroxisulfuric şi dezinfecţia apei cu argint.

Dezinfecţia apei cu clor (clorinarea sau clorizarea apei)

Clorinarea apei reprezintă procesul de tratare al apei în scop de dezinfecţie cu clor gazos sau cu substanţe clorigene. Metoda chimică care foloseste clorul este cea mai frecvent utilizată, deoarece este o metodă simplă, economică şi care poate fi aplicată pentru cantităţi mari de apă.

În instalaţiile de alimentare centrală cu apă, se utilizează clorul sub formă de clor gazos şi într-o măsură mai redusă sub formă de bioxid de clor (ClO_2), în timp ce în cazul surselor individuale de apă potabilă (fântâni) se foloseşte clorul eliberat de substanţe clorigene:

- clorura de var - $CaOCl_2$;
- hipoclorit de calciu - $Ca(OCl)_2$;
- hipoclorit de magneziu - $Mg(OCl)_2$;
- hipoclorit de sodiu - NaOCl;
- cloramine - R-NHCl.

Mecanismul de acţiune al acestor substanţe are la bază capacitatea oxidantă a oxigenului atomic şi a acidului hipocloros nedisociat:

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$$
$$HOCl \rightarrow HCl + [O]$$
$$NaOCl + H_2O \rightarrow HOCl + NaOH$$
$$R\text{-}NHCl + H_2O \rightarrow R\text{-}NH_2 + HOCl$$

Acţiunea bactericidă a clorului nu este atribuită numai oxigenului atomic eliberat, ci şi de către acidul hipocloros care oxidează grupările sulfhidrilice ale unor sisteme enzimatice esenţiale pentru metabolismul bacterian.

Eficienţa acţiunii oxidante este dependentă de mai mulţi factori: temperatură, timpul de contact cu apa, pH-ul apei, doza de clor, natura clorului.

Acţiunea bactericidă a clorului scade o dată cu creşterea pH-ului, datorită creşterii concentraţiei ionilor hipoclorit în detrimentul acidului hipocloros. În cazul unui pH ridicat (peste 8) şi la temperatură scăzută, efectul bactericid al clorului este foarte mic. La pH sub 7, disocierea acidului hipocloros este neglijabilă; astfel, la pH=6, în jur de 97% din clor rămâne sub formă de acid hipocloros, în schimb, la pH=8, disociază în jur de 23%. La pH=9 acidul hipocloros este disociat în procent de 97% şi eficienţa clorinării scade.

Scanned with OKEN Scanner

În cazul apelor care conţin bicarbonaţi scăderea pH-ului în urma adăugării clorului este mai slabă. În aceste condiţii echilibrul reacţiei de disociere a acidului hipocloros este deplasat spre dreapta, în sensul formării ionilor hipoclorit.

În practică, pentru dezinfecţia apei se utilizează o cantítate de clor în raport cu proprietăţile apei şi care să realizeze o concentraţie de clor rezidual, la ultima ramificatie a reţelei de distribuţie de 0,05-0,5 mg/L.

Clorul este utilizat ca agent de dezinfecţie, de obicei, sub formă gazoasă sau ca hipoclorit de sodiu sau de calciu. Clorul este stocat şi furnizat sub formă lichidă, în containere, sub presiune.

Dezinfecţia apei cu hipoclorit de sodiu

Hipocloritul de sodiu se utilizează sub formă de soluţie; concentraţia soluţiei de hipoclorit se exprimă în funcţie de conţinutul de clor activ. Unitatea de măsură este gradul clorometric:

1 grad clorometric = 3,17 g Cl_2/L soluţie

Concentraţia soluţiei scade în timp şi de aceea este necesară verificarea acesteia la anumite intervale de timp.

Dezinfecţia apei cu hipocloritul de calciu

Hipocloritul de calciu este utilizat, în general, sub formă de pulbere; concentraţia produsului este de 92-94%, echivalentul a 650-700 g clor activ/kg.

Timpul de contact între apă şi substanţa dezinfectantă este variabil în funcţie de scopul urmărit. În cazul dezinfecţiei propriu-zise, timpul de contact este de două ore, în timp ce pentru preclorinare sunt suficiente câteva minute. Este important ca amestecul dintre soluţia dezinfectantă şi apă să fie omogen şi să se realizeze în timp scurt. De asemenea, este necesar ca întreaga cantitate de apă să intre în contact direct cu substanţa clorigenă.

Dezinfecţia apei cu dioxid de clor

Dioxidul de clor este un compus instabil; se prepară la locul utilizării din clorură de sodiu sau din clorit de sodiu, conform reacţiilor:

$$2NaCl + Cl_2 \longrightarrow 2ClO_2 + 2NaCl$$

$$5NaClO_2 + 4HCl \longrightarrow 4ClO_2 + 5NaCl + 2H_2O$$

Pentru o dezinfecţie eficientă este necesară utilizarea de cantităţi mari de substanţă pentru ca aceasta să rămână în soluţie până la capătul reţelei de distribuţie. Prezenţa ionului ClO2- remanent poate imprima apei gust neplăcut. Dioxidul de clor are proprietăţi puternic decolorante şi dezodorizante. Efectul asupra microorganismelor este de durată mai lungă, comparativ cu al clorului.

Scanned with OKEN Scanner

Este preferat clorului gazos pentru apele care conţin fenoli (dacă apa conţine urme de fenoli, aceştia se pot combina cu clorul rezidual rezultând clorfenolii ce imprimă apei un gust puternic dezagreabil). Datorită toxicităţii sale, utilizarea dioxidului de clor este limitată în unele ţări la 0,5 -1 mg/L; este utilizat în etapa de preclorinare, după care este îndepartat în etapele următoare.

Utilizarea cloraminelor ca agenţi de dezinfecţie

Cloraminele, ca agenţi de dezinfecţie pentru apă, au acţiune bactericidă mai slabă decât clorul gazos; sunt mai stabile şi astfel sunt active o perioadă mai lungă de timp. Cloraminele se utilizează, mai ales, pentru dezinfecţia surselor individuale (fântâni).

Pe lângă distrugerea microorganismelor clorul realizează şi oxidarea unor substanţe prezente în apă: substanţe organice dizolvate, compuşi feroşi, compuşi manganoşi, amoniac, sulfiţi, nitriţi, hidrogen sulfurat etc. Astfel, are loc deferizarea, demanganizarea apei, precum şi reducerea concentraţiei unor compuşi care reprezintă parametri de potabilitate ai apei.

Clorul gazos utilizat pentru dezinfecţia apei prezintă şi unele dezavantaje şi anume: reacţionează cu diferite substanţe organice din apă, formând compuşi halogenaţi mai ales trihalometani şi clor fenoli, dintre care unii au acţiune toxică, cancerigenă, mutagenă, iar alţii modifică proprietăţile organoleptice ale apei (clorfenolii).

În ultimii ani, utilizând metode foarte sensibile de analiză, s-a demonstrat că în apă sunt prezente numeroase substanţe organice, naturale sau poluanţi (în concentraţii de µg/L sau chiar mai mici) care pot reacţiona cu clorul în timpul dezinfecţiei formând compuşi organici cu clor - total organo-halogeni (TOH).

Compuşii organici halogenaţi care se pot forma în apa potabilă în timpul procesului de dezinfecţie cu clor pot fi (Tabel III):

- clorfenoli;
- trihalometani;
- compuşi halogenaţi ai acizilor humici.

Clorfenolii (clorfenoli, clorcrezoli, diclorfenol, triclorfenol) sunt compuşi de substituţie ai fenolilor (fenol, crezol) eventual prezenţi în apă; imprimă apei un gust şi un miros particular, dezagreabil, fiind detectabili la concentraţii foarte mici (1:20.000).

Scanned with OKEN Scanner

Tabel III

Compuşi organohalogenaţi identificaţi în apă
(formaţi în timpul clorinării)

Acid dicloracetic	Cloropicrina
Benzaldehida	Dibrom acetonitril
Benzilcianida	Dibrom iod metan
* Brometan	* Dibrom metan
* Brombutan	* Diclor acetonitril
*Brom clor acetonitril	Diclor dibrom metan
* Brom clor iod metan	* Diclor etan (1,2)
* Brom clor metan	Diclor iod metan
* Brom clor propan	Diclor fenol
* Brom diclor metan	* Diclor propena
* Bromoform	* Hexaclor etan
* Brom pentaclor etan	Hexaclor pentadiena
* Brom propan	Hidroxi (p) benzil cianida
Brom triclor etilen	* Iod etan
Cloral	Metil brom diclor acetal
Clor butan	Tetraclorura de carbon
Clor dibrom metan	Triclor fenol
Clor diiod metan	Triclor (1,1,1) acetonitril
Cloroform	Triclor fenol

* Substanţe a căror acţiune mutagenă este recunoscută

Trihalometani

Un grup de compuşi halogenaţi care se formează în apă în timpul dezinfecţiei sunt trihalometanii (THM). Aceştia au formula generala CHX_3 (X poate fi clor, brom, sau iod) şi se formează conform reacţiilor:

$$R\text{-}CO\text{-}CH_3 + HOX \rightarrow R\text{-}CO\text{-}CX_3 + H_2O$$

$$R\text{-}CO\text{-}CX_3 + H_2O \rightarrow CHX_3 + R\text{-}COOH$$

Formarea compuşilor organohalogenaţi în timpul procesului de dezinfecţie este dependentă de diferiţi factori: pH, doza de clor adăugată, prezenţa concomitentă a altor halogeni în apă (Br^-, I^-), tipul de precursor organic existent etc. Formarea TOH poate avea loc prin reacţii de adiţie, substituţie, oxidare, reducere etc. De aici rezultă marea diversitate a compuşilor halogenaţi identificaţi în apa clorinată.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Compuşi halogenaţi ai substanţelor humice

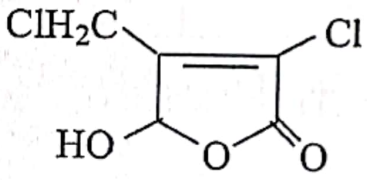
Între compuşii naturali prezenţi în apă, un loc important îl ocupă substanţele humice şi fulvice. În timpul dezinfecţiei apei cu clor se formează diferiţi compuşi cloruraţi (Tabel IV), ai căror precursori naturali sunt acizii humici.

Tabel IV

Compuşi cloruraţi ai substanţelor humice

$CHCl_3$	$HOOC\text{-}CCl_2\text{-}COOH$
$CHBrCl_2$	$HOOC\text{-}CCl_2\text{-}CCl_2\text{-}COOH$
$CCl_3\text{-}CHO$	$HOOC\text{-}CCl_2\text{-}CH_2\text{-}COOH$
$CH_2Cl\text{-}COOH$	$HOOC\text{-}CHCl\text{-}CH_2\text{-}COOH$
$CHCl_2\text{-}COOH$	$HOOC\text{-}CH{=}CCl\text{-}COOH$
$CH_3\text{-}CCl_2\text{-}COOH$	$HOOC\text{-}CCl{=}CCl\text{-}COOH$
$CCl_2{=}CH\text{-}COOH$	
$CCl_2{=}CCl\text{-}COOH$	

Un compus de interes particular care se formează în tímpul clorinării, având ca precursor organic substanţele humice prezente în apă, este 2-ceto 4-clorometil 5-hidroxi 2,5-dihidrofuranul, **substanţa MX,** pentru care este recunoscut un înalt potenţial mutagen:



Substanţa MX

Procedeele practice de clorinare ale apei în funcţie de scopul urmărit pot fi:

- preclorinare - introducerea clorului în apă înaintea procesului de coagulare în scopul distrugerii fitoplanctonului care perturbă procesul de coagulare, precum şi pentru oxidarea substanţelor organice sau anorganice oxidabile, dizolvate sau în stare coloidală existente în apă;
- postclorinare - introducerea clorului în apă după filtrare, în concentraţie de aproximativ 1 mg/L, în scopul distrugerii florei microbiene patogene şi reducerii florei microbiene saprofite din apă;
- clorinare fracţionată - preclorinare şi postclorinare.

Factorii care determină eficacitatea clorinării:

Particularităţile biologice ale microorganismelor; în apă pot fi prezente bacterii sporulate şi nesporulate. Experimental s-a dovedit ca eficienţa pentru sterilizarea unei culturi microbiene sporulate este de 6 ori mai mică decât pentru formele vegetative, la o durată de contact mult mai mare (până la 20 de ore). Virusurile prezintă, în general, rezistenţă crescută la clor. La concentraţii de 0,2-0,3 mg/L clor rezidual liber sunt inactivate virusurile numai după un contact de 30 de minute.

Categoriile de microorganisme prezente în apă şi reprezentanţii întâlniţi mai frecvent sunt cuprinse în tabelul V.

Tabel V

Microorganismele prezente frecvent în apă

Bacterii	Virusuri	Protozoare
Staphylococcus	Enterovirusuri	*Giardia*
Streptococcus		
Salmonella	Virusuri hepatitice	*Cryptosporidium*
Escherichia coli		
Legionella pneumophila	Bacteriofagi	Amibe
Cianobacterii		

Rezistenţa la clor a microorganismelor este diferită. Astfel:

- Bacteriile au o rezistenţă slabă;
- Virusurile sunt moderat rezistente;
- Protozoarele (mai ales sub formă de chist) sunt foarte rezistente.

Proprietăţile bactericide ale preparatelor de clor; acţiunea dezinfectantă a clorului depinde într-o mare măsură de preparatul folosit; astfel, acţiunea dezinfectantă a clorului este mai puternică decât cea a cloraminelor.

Acidul hipocloros nedisociat –"clorul activ" este compusul cel mai eficient în procesul de dezinfecţie. Raportul celor două forme de clor (nedisociat, respectiv sub formă de ion hipoclorit) depinde esenţial de valoarea pH-ului

La introducerea în apă, clorul acţionează asupra materiilor organice azotate şi asupra altor compuşi oxidabili; o parte din clorul introdus rămâne sub formă de "clor rezidual", existent sub mai multe forme. Acestea sunt:

- Clor liber:
  - clor activ (HClO);
  - clor potenţial activ (ClO^-);
- Clor combinat:
  - cloramine;
  - compuşi organocloraţi.

Însumarea clorului liber şi a celui legat reprezintă clorul total din apă.

Scanned with OKEN Scanner

Compoziţia chimică a apei şi, în particular, prezenţa suspensiilor, a substanţelor organice dizolvate, a unor compuşi de Fe^{2+}, Mn^{2+}, a amoniacului şi a altor substanţe care consumă clor influenţează marcant eficienţa dezinfecţiei.

Temperatura apei influenţează efectul dezinfectant al clorului în sensul că pe măsură ce temperatura apei scade, în aceeaşi măsură scade eficienţa clorinării.

pH-ul apei influenţează efectul dezinfectant al clorului prin aceea că, la diferite valori ale acestuia, iau naştere, aşa cum s-a arătat, diverse forme de clor cu proprietăţi bactericide diferite.

Timpul de contact al clorului cu apa şi concentraţiile de clor sunt de importanţă deosebită, efectul bactericid crescând o dată cu mărirea dozei şi a timpului de contact.

Turbiditatea apei

Pentru aprecierea necesarului de clor în funcţie de turbiditatea ape se utilizează relaţia:

Necesar de clor /oră (mg/L) = 0,15 NFU + 0,2.

Etapele de tratament care preced clorinarea finală a apei (coagularea-floculareа şi filtrarea) trebuie să asigure o turbiditate de ordinal 0,2 NTU; se ştie că virusurile sunt, în general, fixate pe particulele în suspensie şi filtrarea eficientă permite eliminarea chisturilor foarte rezistente la acţiunea clorului.

Clorinarea apei este procedeul de dezinfecţie cel mai răspândit pentru tratamentul final al apei destinate consumului uman. După ce s-a evideţiat, destul de recent, caracterul patogen al unor microorganisme ca *Legionella pneumophila*, *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia* s-a convenit că dezinfecţia cu clor conduce la cele mai bune rezultate privind dezinfecţia apei. În cazul clorinării, criteriul "C·t" (concentraţia de dezinfectant timpul de contact) este parametrul care apreciază calitatea microbiologică a apei.

Legislaţia europeană privind calitatea procesului final de dezinfecţie a apei precizează: "Pentru ca dezinfecţia cu clor să fie eficace, este necesar ca după o durată de contact de 15 minute, clorul rezidual liber să fie cuprins între 0,2 şi 0,5 mg/L; valori mai mari ale clorului rezidual sunt rezervate surselor insuficient protejate". În aceste condiţii, criteriul C·t trebuie să fie cuprins între 3 şi 7,5 mg/min/L.

În prezent este tot mai mult acceptată ca referinţă valoarea C·t corespunzătoare inactivării chisturilor de *Giardia lamblia*, unul dintre germenii cei mai rezistenţi.

Valorile C·t impuse de Agenţia Statelor Unite pentru Protecţia Mediului (United States Environmental Protection Agency, USEPA) care asigură inactivarea chisturilor de *Giardia lamblia* în proporţie de 99,9% şi a

Scanned with OKEN Scanner

virusurilor în proporţie de 99,99%, în funcţie de temperatura şi pH-ul apei sunt prezentate în tabelul VI.

Tabel VI

Valorile parametrului C · t, în funcţie de temperatura şi de pH-ul apei

pH	Temperatură (°C)					
	0	5	10	15	20	25
6	165	116	87	58	44	29
7	236	165	124	83	62	41
8	346	243	182	122	91	61
9	500	350	265	177	132	88

Valoarea clorului rezidual liber la ieşirea din rezervoarele în care apa este înmagaznată în vederea distribuţiei trebuie să fie cuprinsă între 0,1 şi 0,6 mg/L; concentraţii mai mari pot modifica proprietăţile senzoriale ale apei şi pot afecta, prin coroziune, reţeaua de distribuţie.

Eficienţa clorinării depinde şi de capacitea bazinului de clorinare de a asigura contactul clorului cu întreaga cantitate de apă. Acest lucru este posibil dacă curgerea apei în bazinul de clorinare este de tipul "flux piston", asigurat prin amenajarea unor şicane care delimitează canale paralele a căror lăţime este egală cu adâncimea, iar lungimea este de 72 de ori cât lăţimea.

În situaţia în care dezinfecţia apei se realizează prin altă metodă (ozonizare, radiaţii ultraviolete), este necesară o post clorinare la intrarea apei în rezervoare pentru a asigura, prin clorul rezidual prezent, protecţia apei pe tot parcursul reţelei de distribuţie, până la robinetul consumatorului.

Dezinfecţia apei cu ozon

Ozonul este o formă reactivă, dar foarte instabilă şi a oxigenului; este un gaz de culoare albastru slab, odorant (mirosul „picant" al ozonului este detectat la concentraţia de 0,01 ppm), foarte solubil în apă, care se formează natural în atmosfera terestră în urma unor reacţii fotochimice. În aer, concentraţia ozonului este variabilă, dar rămâne de ordinul ppm; concentraţii de 0,25 ppm în aer pot aduce prejudicii sănătăţii.

Obţinerea în cantităţi mari, necesare pentru dezinfecţia apei, se bazează pe producerea de descărcări electrice în aer, în oxigen sau amestec al acestora.

Ozonul este un oxidant foarte puternic; este utilizat mai ales pentru dezinfecţia apei, proces cunoscut sub numele de ozonizare. Capacitatea oxidantă a ozonului se poate manifesta prin două mecanisme:

- oxidare moleculară, datorată moleculei de ozon;

Scanned with OKEN Scanner

- oxidare radicalară, datorată unei forme radicalice a moleculei de ozon, care pierde un electron şi conduce la formara unui radical [HO·]

Oxidarea moleculară este responsabilă de reacţiile numite directe, rapide şi specifice. Oxidarea radicalară are loc prin reacţii numite indirecte, mult mai rapide dar şi mai puţin specifice, deoarece radicalii oxidează un mare număr de molecule. Unii ioni prezenţi în mod natural în apă (carbonaţi, bicarbonaţi) au tendinţa de a stabiliza ozonul în apă prin limitarea formării acestor radicali.

În practică, instalaţiile de ozonizare a apei cuprind: generatorul de ozon, camera de contact între aerul conţinând ozon şi apă, omogenizatoarele statice.

Generatoarele de ozon sunt diferite şi sunt selectate în funcţie de concentraţia de ozon dorită.

Camerele de contact cuprind 2-5 compartimente; primele sunt echipate cu dispozitive poroase de difuzie a aerului ozonat iar următoarele, dispozitivele de contact.

Omogenizatoarele statice sunt constituite din elemente care asigură amestecul între cele doua faze; transferul gazului în apă este rapid şi aproape complet (80 – 90%). În continuare, amestecul est condus într-o cameră de contact.

Aspirarea aerului ozonat poate conduce la formarea unei emulsii între aerul ozonat şi apa de tratat; randamentul procesului este bun, dar sensibil la variaţiile de debit.

După transferul ozonului în apa de tratat este necesară distrugerea şi îndepărtarea produşilor reziduali rezultaţi prin acţiunea ozonului asupra componentelor oxidabile ale apei. Aceasta se poate realiza pe doua căi:

- procedeu catalitic, termic sau chimic de îndepartare a gazelor eliminate din camerele de contact;
- tratament chimic (injecţie de bisulfit de sodiu sau anhidridă sulfuroasă) sau filtrarea pe cărbune activ.

Timpul de contact al ozonului cu apa variază în funcţie de obiectivele tratamentului: 1 - 2 minute pentru preozonizare, în jur de10 minute pentru ozonizarea intermediară şi 6 – 14 minute pentru ozonizarea finală.

Capacitatea de oxidare a ozonului încetează la numai câteva minute după întroducerea în apa supusă dezinfecţiei. Pentru ape cu turbiditate scăzută, necesarul de ozon este de 0,5-1 mg/L; pentru ape de suprafaţă supuse limpezirii prin coagulare este nevoie de 2-3 mg/L, iar pentru apele de suprafaţă poluate, după tratarea lor, este nevoie de 2,5-5 mg/L. Apele colorate necesită 3-6 mg/L, ozonizarea apei constituind şi o metodă eficace de decolorare a acestora.

Randamentul de oxidare al compuşilor minerali (fier, mangan, plumb, zinc, nichel, amoniac, nitriţi, sulfuri, sulfiţi, cianuri) etc. este variabil.

Ozonul precipită sărurile de fier şi de mangan, după oxidare, fiind

Scanned with OKEN Scanner

folosit pentru îndepărtarea acestora din apă; concentraţii prea mari de ozon pot resolubiliza manganul care colorează apa în slab roz.

Acţiunea oxidantă a ozonului asupra amoniacului depinde mult de valoarea pH-ului apei; la pH mai mare de 9 oxidarea amoniacului este rapida iar la valori de pH mai mici de 9 oxidarea este aproape nula. De aceea, pentru eliminarea amoniacului din apă nu este indicată utilizarea ozonului.

Ozonul este eficace pentru îndepărtarea din apă a sulfurilor, nitriţilor, plumbului, zincului, nichelului.

Dintre compuşii minerali formaţi în apă în urma tratării cu ozon, o atenţie deosebită trebuie acordată bromaţilor rezultaţi din oxidarea bromurilor eventual prezente. Bromaţii au fost incluşi de către Centrul Internaţional pentru Cercetarea Cancerului (Centre International de Recherche sur le Cancer, CIRC) în categoria 2B (pot fi cancerigeni pentru om) de produşi cancerigeni. Concentraţia acestora în apă a fost limitată la 25 mg/L până 25.12. 2008 şi coborâtă la 10 mg/L după această dată. Aceasta concentraţie poate fi foarte uşor depăşită şi de aceea este necesară intervenţia asupra parametrilor care influenţează formarea bromaţilor:

- concentraţia iniţială a bromurilor: se estimează că 17% din bromuri se transformă în bromaţi;
- temperatura: concentraţia în bromaţi creşte cu temperatura:
- pH-ul: formarea bromaţilor este mult limitată la pH mai mic de 5;
- concentraţia amoniacului: prezenţa amoniacului scade cantitatea de bromaţi pe baza unei competiţii între speciile chimice (bromurile se transformă în brom-amine);
- prezenţa materiilor organice: în general, substanţele organice limitează formarea bromaţilor prin reactivitatea mai mare faţă de ozon molecular şi radicali. Cele mai bune rezultate se obţin pentru raportul ozon/carbon organic total (COT) mai mic de 0,8;
- îndepărtarea ozonului rezidual prin injectare de soluţie de bisulfit de sodiu, pentru a evita acţiunea prelungită a ozonului asupra bromurilor din apă.

Oxidarea materiilor organice de către ozon depinde de natura acestora; nu se poate descrie un mecanism unic de oxidare a substanţelor organice din cauza variabilităţii structurilor chimice posibile. Totuşi, se desprind unele principii:

- Ozonizarea apei este urmată, de cele mai multe ori de o clorinare finală; este probabilă formarea, în aceste condiţii, a unor cantităţi mai mari sau mai mici de trihalometani. Precursorii de trihalometani, eventual prezenţi în apă, pot fi degradaţi de către ozon, în funcţie de pH-ul şi alcalinitatea apei. Ionii care formează alcalinitatea apei captează radicalii liberi ai ozonului. În aceste condiţii, moleculele organice din apă sunt oxidate numai de ozonul molecular şi procesul este dependent de pH-ul apei; astfel, se poate estima intensitatea procesului de formare a trihalometanilor în cursul clorinării finale.

Scanned with OKEN Scanner

- Acţiunea ozonului asupra materiei organice creşte fracţiunea biodegradabilă a acesteia, proces cu unele consecinţe: se asociază ozonificarea cu filtrarea biologică, scade consumul biochimic de oxigen (CBO_5), cu limitarea riscului proliferării bacteriene prin limitarea aportului de substrat nutritiv carbonat; concomitent scade necesarul de clor pentru dezinfecţie şi, implicit, riscul formării trihalometanilor.

Ozonizarea apei prezintă urmatoarele avantaje faţă de clorinare:

- acţiunea bactericidă este mai intensă;
- are acţiune sporicidă remarcabilă;
- se descompune în apă în timp scurt;
- realizează concomitent decolorarea şi dezodorizarea apei;
- nu reacţionează cu fenolii sau cu alte componente din apă pentru a conduce la compuşi cu miros dezagreabil sau toxici.

Criteriul de eficacitate concentraţie x timp (C · t) este primul analizat la instituirea unei instalaţii de dezinfecţie a apei. Avantajele incontestabile ale utilizării ozonului pentru dezinfecţia apei se desprind din datele prezentate în tabelul VII.

Tabel VII

Valorile C · t pentru diferiţi agenţi de dezinfecţie

Specia microbiană	Substanţa utilizată pentru dezinfecţie* Valorile C x t (mg.min/L)		
	Ozon (pH = 6 - 9)	Clor (pH = 6 -7)	Dioxid de clor (pH = 6 – 7)
Escherichia coli	0,020	0,034-0,050	0,400 - 0,750
Giardia muris	1,8 – 2,0	30-630	7,2-18,5
Cryptosporidium	2,5 – 3,0	7200	
Poliovirus	0,1 – 0,2	1,1 – 2,5	0,2 – 6,7
Rotavirus	0,006 – 0,06	0,01 – 0,05	0,2 – 2,1

* Valorile C·t corespund la o inactivare a germenilor de 99%, la temperatura de 5°C.

Ca şi în cazul utilizării clorului, dezinfecţia cu ozon poate fi aplicată în două etape:

- preozonizare, care asigură oxidarea ionilor metalici (mai ales a ionilor de fer legaţi de materiile organice), oxidarea materiilor organice şi astfel, reducerea formării trihalometanilor, eliminarea algelor şi a compuşilor responsabili de gustul şi mirosul particular al apei;
- ozonizare, care asigură dezinfecţia (criteriul C·t de 2 mg/min/L este suficient pentru a distruge 99% din bacterii, virusuri şi chisturi de *Giardia*) şi oxidarea materiei organice.

Scanned with OKEN Scanner

Ozonul transformă o parte din materia organică nonbiodegradabilă în substrat nutritiv pentru biomasa care se dezvoltă pe mediul filtrant. De aceea, se recomandă ca ozonizarea să nu fie utilizată pentru dezinfecţia finală.

Ozonizarea apei poate fi aplicată ca "ozonizare simplă" sau "oxidare avansată" (interzisă la tratarea apei pentru consum uman, deoarece oxidarea radicalară poate conduce la subproduşi de reacţie greu de eliminat) care presupune asocierea ozon cu peroxid de hidrogen sau ozon cu expunere la ultraviolete, aplicată pentru apele care conţin micropoiluanţi persistenţi (pesticide). Eficacitatea ozonizării simple este selectivă faţă de pesticide; spre exemplu, în cazul atrazinului eficacitatea este de 20 – 50%.

Dezinfecţia apei cu permanganat de potasiu

Permanganizarea apei este un procedeu chimic de dezinfecţie cu ajutorul permanganatului de potasiu care se bazează pe capacitatea oxidantă a acestuia în concentraţii de 0,02-0,05 g/L.

Această metodă se poate utiliza ca etapă premergatoare procesului de coagulare pentru îndepărtarea sărurilor de mangan, de fier şi pentru reducerea cantităţii de substanţe organice din apă (este mai eficace decât clorul în acest proces).

De obicei, este greu de precizat doza care trebuie utilizată pentru conducerea proceselor de oxidare cu eficienţă maximă; există riscul ca excesul de permanganat să rămână în apă pe care o colorează în roz. Metoda nu prezintă avantaje economice, iar în unele situaţii este necesară îndepărtarea excesului de permanganat din apă.

Dezinfecţia apei cu brom

Bromul poate fi utilizat pentru dezinfecţia apei bazinelor de înot, datorită proprietăţilor sale bactericide. Concentraţia minimă de brom rezidual este de 1 g/m^3.

Dezinfecţia apei cu acidul peroxisulfuric

Acidul peroxisulfuric (H_2SO_5) este utilizat pentru oxidarea cianurilor eventual prezente în apele de suprafaţă ca rezultat al unor fenomene de poluare accidentală. Este disponibil ca soluţie 200 g H_2SO_5 /L. Păstrată la rece, soluţia este stabilă câteva luni. Pentru dezinfecţie, soluţia se adaugă direct în bazinul de oxidare; pH-ul apei trebuie corectat prin neutralizare cu hidroxid de sodiu. Acidul peroxisulfuric poate fi preparat *in situ* din peroxid de hidrogen şi acid sulfuric.

Dezinfecţia apei cu argint

Dezinfecţia apei cu argint se bazează pe acţiunea bactericidă a acestuia, în concentraţii extrem de mici; concentraţii de 0,00001g/L sunt suficiente pentru a distruge majoritatea bacteriilor din apă.

Dezinfecţia apei cu argint se poate realiza în mai multe moduri:

- prin punerea în contact a apei cu pulberea de argint asezată într-un strat foarte subţire deasupra filtrului de nisip sau prin filtrarea apei prin nisip argintat;

Scanned with OKEN Scanner

- prin adăugarea în apă a sărurilor de argint;
- prin metoda electrolitică, bazată pe dizolvarea anodică a argintului.

Mecanismul de acţiune se explică prin faptul că, în urma contactului cu apa, ionii de argint sunt adsorbiţi de către bacterii, provocând moartea lor.

Pentru a se obţine o dezinfecţie eficace apă trebuie să fie perfect limpede. Acţiunea bactericidă a argintului apare la o concentraţie de 0,015 mg/L şi este maximă la 0,04 mg/L.

Metodele fizice de dezinfecţie a apei

Principalele metode fizice de dezinfecţie ale apei sunt distilarea, fierberea, dezinfecţia cu raze ultraviolete.

Distilarea

Distilarea reprezintă teoretic, cea mai bună metodă de purificare a apei atât bacteriologic cât şi chimic; prezintă anumite inconveniente şi anume: nu se poate utiliza decât în anumite condiţii, pentru cantităţi mici de apă; apa obţinută are gust fad, fiind lipsită de săruri minerale.

Fierberea

Fierberea constituie mijlocul cel mai simplu de sterilizare a apei atunci când nu se pot aplica alte metode.

Dezinfecţia cu raze ultraviolete

Radiaţiile ultraviolete sunt caracterizate prin lungimi de undă cuprinse între 100 şi 400 nm. Banda UV este divizată în UV-A, UV-B şi UV-C; numai intervalul 200 – 280 nm (UV-C) are lungimi de undă mai eficace pentru dezinfecţie (Figura 1).

Radiaţii cosmice	Radiaţii gama	Radiaţii X	UV	VIS	IR	Unde radio

Radiaţii	X	UV-V	UV-C	UV-B	UV-A	VIS
λ (nm)	100	200	280	315	400	780

Figura 1. **Radiaţiile UV utilizate la dezinfecţia apei**

Mecanismul procesului de dezinfecţie este explicat prin inhibarea dezvoltării microorganismelor ca urmare a modificării informaţiilor lor genetice; radiaţiile UV acţionează asupra ADN şi ARN celular, blocând astfel procesele biochimice care asigură reproducerea bacteriană. Eficacitatea maximă a dezinfecţiei UV depinde de energia emisă şi corespunde lungimii de undă de 253,7 nm, picul de absorbţie a radiaţiilor UV de către microorganisme.

Pentru dezinfecţia apei destinate consumului uman sunt autorizate lămpile de joasă presiune (lămpile de presiune medie pot transforma nitraţii din apă în nitriţi, compuşi nocivi pentru organism). Doza de radiaţii UV-C

Scanned with OKEN Scanner

este exprimată în mJ/cm^2 şi corespunde unui flux de radiaţii exprimat în W/cm^2 multiplicat cu durata de expunere (în secunde) care depinde de debitul de apă de tratat şi de mărimea reactorului. Doza minimală de radiaţii aplicată, conform recomandărilor OMS, este de 25 mJ/cm^2. În general, doza de radiaţii aplicată se stabileşte experimental, în funcţie de microrganismele ţintă şi de folosinţa apei supuse dezinfecţiei.

Eficacitatea dezinfecţiei apei cu radiaţii UV este influenţată de:

- turbiditatea şi/sau culoarea apei, care pot acţiona ca un ecran, împiedicând difuzia corectă a radiaţiilor UV în apă;
- prezenţa ferului sau manganului care au proprietatea de a absorbi radiaţiile UV şi deci de a reduce eficacitatea dezinfecţiei;
- temperatura apei, în cazul folosirii lămpilor de presiune joasă; temperatura ideală este de 20°C;
- calitatea lămpii (perioada de funcţionare);
- debitul apei supuse dezinfecţiei şi forma bazinului pentru a asigura dezinfecţia într-un timp de expunere de 5 secunde;
- grosimea stratului de apă, pentru a asigura penetrarea uniformă a radiaţiilor UV. Grosimea optimă a pânzei de apă este de 15 mm;
- natura microorganismelor prezente în apă.

Avantajul major al dezinfecţiei apei potabile cu radiaţii UV este acela că nu se introduc în apă substanţe străine.

Capacitatea instalaţiilor de dezinfecţie cu raze ultraviolete este relativ redusă, motiv pentru care procedeul se aplică pentru aprovizionarea cu apă potabilă a unor colectivităţi puţin numeroase sau pentru dezinfecţia apei pentru folosinţe speciale (dializă, industria farmaceutică etc).

1.9.3. Corectarea parametrilor fizico-chimici ale apei

Corectarea calităţilor fizico-chimice ale apei reprezintă totalitatea proceselor de reducere a valorilor unor indicatori fizici şi chimici până la concentraţia admisă de legislaţia sanitară, respectiv completarea indicatorilor deficitari până la concentraţia optimă.

Corectarea se realizează prin urmatoarele procedee:

- dedurizare;
- deferizare şi demanganizare;
- scăderea concentraţiilor amoniacului, nitraţilor, fosforului;
- desalinizare;
- neutralizarea dioxidului de carbon agresiv;
- degazificare;
- dezodorizare;
- corectarea pH-ului;
- reducerea conţinutului în trihalometani;
- îndepărtarea cianobacteriilor şi reducerea cianotoxinelor;
- remineralizare;
- fluorizare.

Scanned with OKEN Scanner

este exprimată în mJ/cm^2 şi corespunde unui flux de radiaţii exprimat în W/cm^2 multiplicat cu durata de expunere (în secunde) care depinde de debitul de apă de tratat şi de mărimea reactorului. Doza minimală de radiaţii aplicată, conform recomandărilor OMS, este de 25 mJ/cm^2. În general, doza de radiaţii aplicată se stabileşte experimental, în funcţie de microrganismele ţintă şi de folosinţa apei supuse dezinfecţiei.

Eficacitatea dezinfecţiei apei cu radiaţii UV este influenţată de:

- turbiditatea şi/sau culoarea apei, care pot acţiona ca un ecran, împiedicând difuzia corectă a radiaţiilor UV în apă;
- prezenţa ferului sau manganului care au proprietatea de a absorbi radiaţiile UV şi deci de a reduce eficacitatea dezinfecţiei;
- temperatura apei, în cazul folosirii lămpilor de presiune joasă; temperatura ideală este de 20°C;
- calitatea lămpii (perioada de funcţionare);
- debitul apei supuse dezinfecţiei şi forma bazinului pentru a asigura dezinfecţia într-un timp de expunere de 5 secunde;
- grosimea stratului de apă, pentru a asigura penetrarea uniformă a radiaţiilor UV. Grosimea optimă a pânzei de apă este de 15 mm;
- natura microorganismelor prezente în apă.

Avantajul major al dezinfecţiei apei potabile cu radiaţii UV este acela că nu se întroduc în apă substanţe străine.

Capacitatea instalaţiilor de dezinfecţie cu raze ultraviolete este relativ redusă, motiv pentru care procedeul se aplică pentru aprovizionarea cu apă potabilă a unor colectivităţi puţin numeroase sau pentru dezinfecţia apei pentru folosinţe speciale (dializă, industria farmaceutică etc).

1.9.3. Corectarea parametrilor fizico-chimici ale apei

Corectarea calităţilor fizico-chimice ale apei reprezintă totalitatea proceselor de reducere a valorilor unor indicatori fizici şi chimici până la concentraţia admisă de legislaţia sanitară, respectiv completarea indicatorilor deficitari până la concentraţia optimă.

Corectarea se realizează prin urmatoarele procedee:

- dedurizare;
- deferizare şi demanganizare;
- scăderea concentraţiilor amoniacului, nitraţilor, fosforului;
- desalinizare;
- neutralizarea dioxidului de carbon agresiv;
- degazificare;
- dezodorizare;
- corectarea pH-ului;
- reducerea conţinutului în trihalometani;
- îndepărtarea cianobacteriilor şi reducerea cianotoxinelor;
- remineralizare;
- fluorizare.

Scanned with OKEN Scanner

Aceste procedee se pot aplica atât la apa potabilă provenită din surse subterane cât şi la cea provenită din surse de suprafaţă.

Operaţiile de corecţie a calităţii apei se execută simultan cu procesul de prelucrare în scop potabil.

Dedurizarea apei

Duritatea apei reprezintă totalitatea ionilor de calciu şi magneziu din apă; se exprimă în grade franceze (4 mg ioni de calciu sau 2,4 mg ion de magneziu/L) sau în grade germane (1°G = 10 mgCaO/L) (1 °F = 0,56°G); (1°G = 1,785°F).

Valori crescute ale durităţii apei comportă unele inconveniente: modificarea texturii unor alimente de origine vegetală în timpul procesului culinar, diminuarea capacităţii de spălare a săpunului şi a unor detergenţi, depuneri de calcar la nivelul reţelei de distribuţie, a instalaţiilor de încălzire şi a maşinilor de spălat, consumuri suplimentare de energie etc.

Reglementările europene în domeniul calităţii apei nu menţionează valori ghid pentru duritatea apei; singura precizare "apa nu trebuie să fie agresivă" se referă la gradul său de mineralizare. În practică, consumatorii apreciază apa a cărei duritate este cuprinsă între 15 şi 20 grade franceze.

Reducerea durităţii apei se poate realiza prin:

- precipitarea chimică şi, mai ales, precipitarea cu oxid de calciu;
- decarbonatarea catalitică;
- utilizarea răşinilor schimbătoare de ioni;
- procedee electrolitice.

Pentru selectarea adecvată a tehnicii de reducere a durităţii apei trebuie să se cunoască:

- conţinutul în suspensii al apei;
- natura şi compoziţia durităţii;
- volumul de apă care poate fi prelucrat;
- condiţiile de exploatare;
- costul final al procesului de dedurizare.

Precipitarea chimică

Dedurizarea apei prin tratare cu oxid de calciu se aplică pentru apele a căror duritate este dată de săruri de calciu, care precipită sub formă de carbonat de calciu. Prin tratare cu oxid de calciu şi cu carbonat de sodiu, bicarbonaţii din apă trec în carbonaţi insolubili, care se depun:

$$Ca(HCO_3)_2 + CaO \rightarrow 2CaCO_3 + H_2O$$

Sulfaţii, respectiv clorurile de calciu formează cu carbonatul de sodiu, carbonaţi de calciu insolubili:

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4$$

Scanned with OKEN Scanner

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + 2NaCl$$

Reacţiile cu sărurile de magneziu au loc în acelaşi mod.

Cinetica de precipitare a carbonatului de calciu este lentă; procesul poate fi accelerat fie prin recircularea precipitatului format în care sunt centre de cristalizare deja formate, fie prin adăugarea de cristale în care carbonatul de calciu este aglomerat (nisip).

Această metodă de dedurizare poate fi aplicată în condiţii de eficienţă maximă dacă apă nu conţine coloizi în suspensie care impiedică cristalizarea carbonatului de calciu; dacă este necesar, se adaugă în apă un coagulant.

Avantajul major al dedurizării prin precipitarea carbonatului de calciu constă în simplitatea şi accesibilitatea sa (nu necesită echipamente specifice); dedurizarea apei se poate realiza simultan cu coagularea.

În practică, metoda se poate aplica în trei variante, în funcţie de compoziţia apei de tratat:

- adăugarea de oxid de calciu şi de carbonat de sodiu – pentru apele în care este prezent calciul şi nu este prezent magneziul; se îndepărtează bicarbonaţii şi celelalte săruri de calciu solubile;
- adăugare de oxid de calciu în exces – pentru apele care conţin cantităţi mari de bicarbonaţi de calciu şi de magneziu;
- adăugarea de carbonat de sodiu şi oxidu de calciu, în exces – pentru apele care conţin ioni de calciu şi de magneziu.

Dedurizarea catalitică

Reducerea durităţii apei se poate realiza şi prin metoda numită "decarbonatare catalitică", care constă în precipitarea carbonatului de calciu prin injectarea soluţiei de carbonat de sodiu într-un reactor conţinând un pat fluidizat de nisip foarte fin sau granat (mineral din grupa silicaţilor). Carbonatul de calciu se aglutinează în jurul acestor particule şi formează aglomerări (bile) care sunt eliberate în mediul de reacţie la atingerea diametrului optim.

Viteza de traversare a reactorului este destul de mare (80-100 m/h), pentru a menţine omogenitatea patului fluidizat.

Avantajele utilizării granatului sunt viteza mai mare cu care apa poate traversa reactorul şi reducerea semnificativă a turbidităţii; în schimb procedeul este mult mai scump (de 2 – 2,5 ori).

Această metodă de dedurizare a apei permite obţinerea unor debite reduse de apă; eficienţa este foarte bună, cu condiţia ca să se regleze foarte exact dimensiunile aglomerărilor de carbonat de calciu şi densitatea patului fluidizat de nisip fin.

Scanned with OKEN Scanner

Utilizarea schimbătorilor de ioni

Schimbătorii de ioni sunt substanţe complexe, având proprietatea de a reţine cationii sau anionii dintr-o soluţie; în funcţie de această caracteristică se numesc cationiţi sau anioniţi.

Schimbătorii de ioni sunt alcătuiţi dintr-un schelet macromolecular insolubil, conţinând grupări active cu ioni mobili care pot fi uşor schimbaţi de ioni cu aceeaşi sarcină din soluţiile de electroliţi. Se pot reprezenta prin formulele generale:

$H^+ R^-$ - cationit sub formă de HR sau H cationit;

$R^+ OH^-$ - anionit sub formă de ROH sau OH anionit, în care R^- - este un macroanion insolubil în apă iar R^+ este un macrocation insolubil în apă. Ca macroanioni pot funcţiona sulfonaţii de alchil ($R\text{-}SO_3^-$)

La dedurizarea apei se pot utiliza Na-cationiţi şi H-cationiţi.

Dedurizarea apei cu Na-cationit

La trecerea apei prin masa de sodiu cationit are loc schimbul cationilor de calciu şi magneziu cu sodiu conform reacţiilor:

$$2(Na^+ \ R\text{-}SO_3^-) + Ca^{2+} \rightarrow (R\text{-}SO_3)_2Ca + 2Na^+$$

Bicarbonaţii de calciu şi de magneziu (care formează duritatea temporară a apei) reacţionează cu Na-cationiţii după reacţiile:

$$Ca(HCO_3)_2 + 2(Na^+ \ R\text{-}SO_3^-) \rightarrow (R\text{-}SO_3)_2Ca + 2NaHCO_3$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2(Na^+ \ R\text{-}SO_3^-) \rightarrow (R\text{-}SO_3)_2Mg + 2NaHCO_3$$

Sărurile de calciu şi de magneziu care formează duritatea permanentă (clorurile, sulfaţii şi azotaţii) reacţionează astfel:

$$CaSO_4 + 2(Na^+ \ R\text{-}SO_3^-) \rightarrow (R\text{-}SO_3)_2Ca + Na_2SO_4$$

$$CaCl_2 + 2(Na^+ \ R\text{-}SO_3^-) \rightarrow (R\text{-}SO_3)_2Ca + 2NaCl$$

$$MgSO_4 + 2(Na^+ \ R\text{-}SO_3^-) \rightarrow (R\text{-}SO_3)_2Mg + 2Na_2SO_4$$

Se observă că ionii Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^- rămân în apă deci, prin acest procedeu, nu se micşorează mineralizarea apei, realizându-se numai dedurizarea acesteia prin înlocuirea calciului şi magneziului cu ionii Na^+.

Apa supusă dedurizării cu sodiu cationiţi, capătă o reacţie alcalină prin formarea $NaHCO_3$.

Pentru regenerarea Na-cationiţilor se utilizează soluţii de NaCl care traversează coloana cu schimbătorul de ioni:

$$(R\text{-}SO_3)_2Ca + 2NaCl \rightarrow 2(Na^+ \ R\text{-}SO_3^-) + CaCl_2$$

Scanned with OKEN Scanner

Dedurizarea apei cu H-cationit

Prin acest procedeu hidrogenul se schimbă cu cationii de calciu şi de magneziu, după reacţiile:

$$2\ R\text{-}SO_3H^- + Ca^{2+} \rightarrow (R\text{-}SO_3)_2Ca + 2H^+$$

Bicarbonaţii de calciu şi de magneziu reacţionează cu H-cationiţii după reacţiile:

$$Ca(HCO_3)_2 + 2\ R\text{-}SO_3H \rightarrow (R\text{-}SO_3)_2Ca + 2H_2O + 2CO_2$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2\ R\text{-}SO_3H \rightarrow (R\text{-}SO_3)_2Mg + 2H_2O + 2CO_2$$

Sărurile de calciu şi de magneziu care formează duritatea permanentă reacţionează astfel:

$$CaSO_4 + 2\ R\text{-}SO_3H \rightarrow (R\text{-}SO_3)_2Ca + H_2SO_4$$

$$CaCl_2 + 2\ R\text{-}SO_3H \rightarrow (R\text{-}SO_3)_2Ca + 2HCl$$

$$MgCl_2 + 2\ R\text{-}SO_3H \rightarrow (R\text{-}SO_3)_2Mg + 2HCl$$

Se observă că, prin trecerea apei prin masa de H-cationit, are loc, pe lângă reducerea durităţii şi o micşorare a mineralizării apei ca urmare a descompunerii bicarbonaţilor şi o creştere a aciditătii apei.

Regenerarea H-cationitului se realizează utilizând soluţie de acid clorhidric conform reacţiilor:

$$(R\text{-}SO_3)_2Ca + 2HCl \rightarrow 2\ R\text{-}SO_3H + CaCl_2$$

Dedurizarea apei cu schimbători de ioni este în general, uşor de aplicat; instalaţia poate fi complet automatizată. Printre dezvantaje se pot aminti:

- apa supusă dedurizării trebuie să fie lipsită de substanţe organice, deoarece acestea împiedică dedurizarea;
- în timpul regenerării răşinii schimbătoare de ioni există riscul precipitării ionilor de fer şi de mangan, perturbând astfel procesul.

Metodele electrolitice de dedurizare a apei

Metodele electrolitice de dedurizare a apei sunt eficace, dar permit prelucrarea unor debite reduse de apă.

Reducerea concentraţiilor ionilor de calciu se bazează pe precipitarea carbonatului de calciu prin electroprecipitare la trecerea

Scanned with OKEN Scanner

curentului electric (0,5 – 1,5 kW/m^3) între doi electrozi de titan acoperiţi cu oxid de iridiu. Acest procedeu are avantajul depunerii unui precipitat cu un conţinut scăzut de apă.

Randamentul este optim cu condiţia evitării depunerii de precipitat aderent pe electrozi (aceştia se curăţă periodic).

Corectarea pH-ului apei

În general, pH-ul apei este acid şi este necesară o creştere a acestuia.

Alcalinizarea apei se realizează prin adăugare de carbonat de sodiu sau amestec de hidroxid de calciu şi carbonat de sodiu.

Acidifierea apei, dacă este necesară, se realizează prin adăugare de acid sulfuric.

Deferizarea şi demanganizarea apei

Unele ape subterane sau de suprafaţă pot conţine concentraţii crescute de ioni Fe^{2+} şi de Mn^{2+} care depăşesc concentraţiile maxime admise de legislaţia sanitară; aceste ape nu pot fi utilizate pentru consumul uman sau în alte domenii de activitate.

În apă, ferul şi manganul se transformă în hidroxizi care precipită, modificând indicatorii organoleptici ai apei.

Procedeele prin care se realizează deferizarea şi demanganizarea apei sunt:

- aerarea şi limpezirea (decantarea);
- oxidarea cu reactivi chimici; se formează hidroxizi insolubili care se depun în timpul coagulării apei.

Procedeul aerării şi limpezirii constă în pulverizarea apei în aer, când se elimină dioxidul de carbon şi apar flocoane de hidroxid feric care sunt reţinute în procesul de filtrare.

Reacţiile care au loc sunt:

$$Fe(HCO_3)_2 + 2H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 + 2H_2CO_3$$

$$Fe(OH)_2 + H_2O + 1/2O_2 \rightarrow 2Fe(OH)_3$$

Procedeul oxidării cu reactivi chimici se aplică în cazul prezenţei fierului legat organic; se folosesc următorii reactivi: Cl_2, ClO_2, $A1_2(S0_4)_3$; are loc oxidarea şi coagularea ionilor de fier şi de mangan care se depun.

Reducerea salinităţii apei

Desalinizarea apei de mare, în scopul aducerii mineralizării la valorile cerute de o anumită folosinţă a apei se poate realiza prin diferite metode:

- metode termice, bazate pe evaporare;
- metode membranare, pe baza principiului osmozei inverse;

Scanned with OKEN Scanner

- filtrare prin răşini schimbătoare de ioni (cationiţi şi anioniţi) care pot realiza o demineralizare completă;
- electrodializă, procedeu care poate reduce concentraţia sărurilor din apă până la un conţinut de 50 mg/L;
- congelare, prin care în apa intens mineralizată se formează cristale de apă pură; prin separarea şi topirea cristalelor se obţine o apă desalinizată.

În prezent, osmoza inversă este din ce în ce mai utilizată; are marele avantaj că permite obţinerea unor cantităţi diferite de apă (de la foarte mici la foarte mari).

Osmoza directă se bazează pe proprietatea moleculelor de apă de a traversa o membrană semipermeabilă care separă două soluţii cu concentraţii diferite de săruri (situate în compartimente diferite), din soluţia diluată spre soluţia mai concentrată; migrarea moleculelor de apă încetează când diferenţa de nivel dintre cele două compartimente atinge valoarea presiunii osmotice.

Pentru a reduce concentraţia de săruri dizolvate în apă, este suficientă aplicarea unei presiuni superioare presiunii osmotice în scopul de a forţa moleculele de apă să traverseze membrane semipermeabile-osmoza inversă.

În situaţia în care sursa de apă pentru alimentarea unei colectivităţi este apa de mare, prelucrarea în scop potabil se realizează în instalaţii complexe, care cuprind următoarele compartimente:

- de captare a apei de mare;
- de pretratament fizico-chimic al apei: evitarea depunerii de săruri, reducerea suspensiilor, îndepărtarea materiilor biologice (plancton, bacterii) sau chiar coagulare-floculare-filtrare;
- pretratamentul chimic presupune acidifierea (acid sulfuric) pentru a preveni depunerea carbonatului de calciu şi/sau injecţia unui sechestrant pentru a împiedica depunerea sulfaţilor, precum şi injectarea de clor pentru distrugerea microorganismelor, urmată de injecţia de bisulfit de sodiu pentru eliminarea excesului de clor; în final, se realizează o microfiltrare prin cartuş consumabil (pori cu dimensiunea de μm);
- sectorul care asigură osmoza inversă (aplicarea presiunii şi realizarea osmozei); periodic este necesară purificarea chimică a membranelor care se realizează prin recircularea soluţiilor chimice acide (pentru depozitele de carbonat de calciu şi hidroxizi metalici) şi bazice (pentru depozitele biologice).
- recuperarea concentratului de săruri;
- de post-tratament fizico-chimic: apa rezultată din osmoză conţine concentraţii scăzute de săruri (90% este clorură de sodiu); este necesară remineralizarea pentru a-i restabili mineralizarea şi pH-ul

Scanned with OKEN Scanner

optime; în final, apa este supusă dezinfecţiei cu clor care îi asigură protecţia în rezervoare şi în reţeaua de distribuţie.

Neutralizarea dioxidului de carbon agresiv

Eliminarea CO_2 agresiv se poate realiza prin trecerea apei peste un strat de carbonat de calciu, pe care îl transformă în bicarbonat de calciu, conform reacţiei:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftarrows Ca(HCO_3)_2$$

Cantitatea de carbonat de calciu necesară este de 2 g pentru 1 g de CO_2 agresiv.

Degazificarea apei

Degazificarea apei se efectuează în scopul îndepărtării CO_2, H_2S (eventual prezent), O_2 etc; se realizează prin metode fizice şi chimice.

Metodele fizice se bazează pe proprietatea gazelor de a se separa din apă prin aerarea acesteia în atmosferă; metodele sunt simple, economice şi au o utilizare largă.

Metodele chimice utilizează reactivi specifici, în funcţie de gazul care trebuie îndepărtat. Astfel, pentru îndepărtarea CO_2 şi H_2S se utilizează compuşi de calciu (carbonat de calciu sau hidroxid de calciu); pentru îndepărtarea O_2 se utilizează sulfitul de sodiu.

Dezodorizarea şi corectarea gustului apei

Înlăturarea mirosului şi gustului particular al apei se realizează prin aerarea apei, ozonizarea apei sau prin tratarea apei cu cărbune activ sub formă de granule sau de pulbere.

Cărbunele activ adsoarbe substanţele organice sau compuşii care conferă gust şi miros neplăcut apei datorită suprafeţei mari de adsorbţie pe care o prezintă pulberea sau structura poroasă a granulelor de cărbune. Cărbunele activ, sub formă de pulbere, se poate introduce direct în decantoare (înainte, după sau odata cu coagulantul) precum şi înainte sau după clorinare, într-o cantitate de 2-10 g/m^3. Sub formă granulată, cărbunele activ poate fi folosit în acelaşi mod ca şi filtrul de nisip, putând funcţiona ca filtru gravitaţional sau sub presiune.

Scăderea conţinutului în nitraţi

Nitraţii (NO_3^-) sunt prezenţi în apă ca rezultat al ciclului natural de degradare a materiei organice din apă. Legislaţia sanitară limitează conţinutul în nitraţi al apei potabile la 50 mg/L.

Apele subterane utilizate ca sursă de apă potabilă pot avea concentraţii crescute de nitrat. Pentru reducerea concentraţiei de nitraţi (până la limita de 50 mg/L) din apă se pot aplica:

Scanned with OKEN Scanner

- metode biologice (denitrificare biologică);
- metode bazate pe utilizarea răşinilor schimbătoare de ioni.

Denitrificarea biologică

Denitrificarea biologică este o metodă bazată pe capacitatea unor bacterii din familia *Pseudomonas* de a consuma oxigenul din compuşii cu azot pe care îi transformă în azot gazos:

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

Denitrificarea poate decurge autotrof sau heterotrof. În practică se aplică denitrificarea heterotrofă, convenabilă din punctul de vedere al cineticii de reacţie.

Aplicarea metodei necesită:

- mediu anoxic (absenţa oxigenului);
- prezenţa constantă a unei surse de carbon organic;
- amestec omogen de bacterii selecţionate cu sursa de carbon şi de nitraţi.

Se utilizează un substrat conţinând un material granular care serveste ca substrat pentru bacterii.

Randamentul denitrificării este influenţat de diferiţi factori:

- temperatura - în general, creşterea temperaturii mediului favorizează denitrificarea;
- omogenitatea mediului biologic - este necesară menţinerea contactului între bacterii şi sursa de carbon şi de azot;
- vârsta nămolului - cele mai bune randamente se obţin dacă vârsta nămolului nu este prea ridicată.

Avantajul denitrificării prin metoda biologică constă în descompunerea totală a nitraţilor; procesul este independent faţă de conţinutul în suspensii al apei de tratat. În schimb, aplicarea metodei este puternic perturbată de variaţiile de debit şi de temperatură ale apei.

Denitrificarea cu ajutorul schimbătorilor de ioni

Principiul acestei metode de denitrificare constă în schimbarea ionilor nitrat şi a altor anioni prezenţi în apă cu ionii clorură prezenţi în răşină, conform reacţiei:

$$4\ R\text{-}Cl + (NO_3^- + HCO_3^- + SO_4^{2-}) \rightarrow (R\text{-}NO_3 + R_2SO_4 + R\text{-}HCO_3) + 4\ Cl^-$$

Ordinea în care anionii nitrat, bicarbonat sau sulfat sunt reţinuţi de răşina schimbătoare de ioni este dependentă de caracteristicile acesteia.

După saturare, răşinile trebuie regenerate; regenerarea are loc prin traversarea coloanei, în contracurent, de o soluţie de clorură de sodiu 10%. Eluatul obţinut în urma regenerării, bogat în nitraţi şi sulfaţi, nu trebuie deversat în ape de suprafaţă care pot fi utilizate ca sursă de apă potabilă.

Scanned with OKEN Scanner

Performanţele denitrificării cu răşini schimbătoare de ioni nu sunt dependente de variaţiile de debit; apa de tratat trebuie să fie săracă în suspensii şi să nu conţină substanţe oxidante.

Eliminarea ionilor amoniu din apa potabilă

Ionii amoniu (NH_4^+) prezenţi în apă nu au o toxicitate particulară pentru om, dar perturbă procesul de prelucrare în scop potabil (la concentraţii în jur de 4 mg NH_4^+/L).De asemenea, ionii amoniu pot fi la originea gustului şi mirosului particular al apei.

În reţeaua de distribuţie, concentraţiile crescute de amoniu (mai mari de 2 mg NH_4^+/L) pot favoriza revigorarea bacteriană; nu trebuie neglijate inconvenientele legate de intensificarea coroziunii la nivelul instalaţiilor de tratare şi de distribuţie. Diminuarea concentraţiilor ionilor amoniu în apă se poate realiza prin:

- oxidare chimică
- utilizarea schimbătorilor de ioni;
- aerarea apei;
- filtrare biologică.

Oxidarea chimică

Oxidantul utilizat este clorul care, la concentraţii determinate, oxidează compuşii cu azot din apă. Teoretic, ese nevoie de 7,6 mg Cl_2 pentru oxidarea unui mg de azot amoniacal. Deoarece, în apă sunt prezente şi alte substanţe consumatoare de clor, se adaugă 10 mg Cl_2 pentru oxidarea a 1 mg de azot. În apă, clorul adăugat este prezent sub formă de acid hipocloros (HClO) care oxidează în totalitate ionii amoniu prezenţi.

Metoda reducerii conţinutului în ioni amoniu prin utilizarea clorului gazos se aplica limitat la apele cu un conţinut ridicat de substanţe organice oxidabile din cauza creşterii riscului formării trihalometanilor a căror concentraţie în apă este limitată la 100 µg/L. În plus, eficacitatea metodei este foarte dependentă de pH.

Utilizarea schimbatorilor de ioni

Pentru îndepărtarea ionilor amoniu din apa potabilă se pot utiliza răşini naturale - zeoliţi (cabazit, modernit, clinoptilolit) sau sintetice, care au o durată de utilizare apreciabilă. Aceste răşini sunt cationiţi care fixează ionii calciu, magneziu şi în măsură mai redusă, ionii amoniu şi unii ioni poluanţi (arsen, galiu), într-un proces global de dedurizare a apei.

Reacţia prin care se schimbă ionul amoniu este următoarea:

$$R^- Na^+ + NH_4^+ \rightarrow R - NH_4 + Na^+$$

După saturarea răşinii, aceasta trebuie regenerată.

Scanned with OKEN Scanner

Aerarea apei

Conform valorii constantei de echilibru a reacţiei amoniacului cu apa (pKa, la 20°C = 9,3), pH-ul necesar pentru deplasarea amoniacului din sărurile de amoniu şi eliminarea acestuia prin aerarea apei (degazeificare prin aerare), trebuie să fie mai mare de 8. Procesul este foarte dependent de temperatură şi decurge cu randamente scăzute.

Filtrarea biologică

Eliminarea biologică a amoniacului din apă este un procedeu care se bazează pe capacitatea unor bacterii autotrofe de a transforma ionii amoniu în nitrit şi apoi în nitrat:

$$NH_4^+ \xrightarrow{Nitrosomonas} NO_2^- \xrightarrow{Nitrobacter} NO_3^-$$

În apele la care concentraţia în ioni amoniu este scăzută, oxidarea poate avea loc simultan cu filtrarea, la nivelul filtrului de nisip. În schimb, pentru apele cu concentraţii mari de ioni amoniu, oxidarea are loc în filtre speciale; este necesară aerarea apei şi aportul de substrat nutritiv pentru bacterii (fosfor şi hidraţi de carbon).

Tehnic, ca suport pentru coloniile de bacterii, se utilizează materiale diferite: antracit, nisip, argile, materiale sintetice. Eficienţa procesului depinde de:

- temperatură - activitatea bacteriilor este redusă la temperatură mai mică de 10°C; la 4°C încetează;
- pH - valoarea de pH optimă pentru activitatea bacteriană este cuprinsă între 7 şi 8,5.

Durata de funcţionare a filtrului biologic depinde de natura substratului solid folosit; periodic este necesară curăţarea acestuia prin spălare cu apă potabilă în care se barbotează clor, pentru a limita proliferarea bacteriană.

Eliminarea trihalometanilor (THM) din apa potabilă

Trihalometanii prezenţi în apă potabilă provin, în principal, din acţiunea clorului folosit pentru dezinfecţia apei asupra substanţelor organice prezente în sursele de apă netratate. Pentru evaluarea riscurilor asociate ingestiei de THM odată cu apă potabilă trebuie recunoscute avantajele considerabile pentru sănătate care decurg din clorinarea apei: eliminarea, aproape totală a maladiilor infecţioase de origine hidrică prin distrugerea sau inactivarea majorităţii microorganismelor enteropatogene, inclusiv bacteriile şi virusurile intestinale de origine umană. În plus, clorul este un dezinfectant accesibil, uşor de aplicat şi de determinat în apă. Posibilitatea menţinerii sale în reţeaua de distribuţie împiedică reapariţia bacteriilor şi asigură calitatea apei până la robinetul consumatorului.

Normativele Organizaţiei Mondiale a Sănătăţii au stabilit valori de referinţă pentru cloroform (100µg/L), bromoform (100µg/L), brom-diclormetan

Scanned with OKEN Scanner

(60µg/L) şi pentru dibrom-clormetan (100µg/L). Dacă se ţine cont de prezenţa simultană a acestor substanţe şi de toxicitatea lor eventual asociată, OMS consideră că suma rapoartelor dintre **concentraţiile determinate pentru fiecare compus şi valoarea sa de referinţă nu trebuie să depăşească unitatea.**

Pentru că, în unele cazuri, au fost determinate concentraţii de THM mai mari decât concentraţiile de referinţă recomandate de OMS s-au studiat posibilităţile de reducere la minimum formare a THM fără a compromite dezinfecţia.

Practic, acest lucru se poate realiza prin:

- eliminarea precursorilor THM înainte de dezinfecţia apei;
- modificarea tehnicilor de dezinfecţie;
- utilizarea altor agenţi de dezinfecţie;
- recurgerea la altă sursă de aprovizionare cu apă.

Reducerea potenţialului de formare a THM are ca principiu de bază reducerea conţinutului în materii organice înaintea oxidării acestora de către clor; aceasta se poate realiza prin filtrarea prin cărbune activ (granule) după clarificarea apei prin coagulare şi filtrare. Eficienţa procesului depinde de timpul de contact, de pH şi de temperatura apei.

Un proces de preoxidare cu dioxid de clor sau cu ozon, permite reducerea semnificativă a potenţialului de formare a THM. Oxidarea cu dioxid de clor pune problema competiţiei ca substrat dintre substanţele organice, pe de o parte şi ionii de bromură şi de amoniu pe de altă parte. De asemenea, oxidarea cu dioxid de clor duce la formarea ionilor clorit (ClO_2^-) într-un procent de 70% din dioxidul de clor, concentraţii care se apropie de limita admisă (0,2 mg ClO_2^-/L). În paralel, se pot forma ioni clorat (ClO_3^-), pentru care studiile de carcinogeneză nu au condus la concluzii certe.

Dacă preoxidarea se face cu ozon, este posibilă competiţia între materiile organice şi bromuri. Formarea bromoformului este condiţionată de natura materiilor organice.

Pe de altă parte, în prezenţa bromurilor este posibilă formarea bromaţilor a căror concentraţie maximă este fixată la 10 µg/L. Studii recente au demonstrat că, în unele situaţii, preoxidarea cu ozon, intensifică procesele de formare a precursorilor THM; prezenţa ionilor bicarbonat în apă micşorează viteza de descompunere a ozonului şi intensifică degradarea precursorilor THM.

Dar, metoda cea mai eficace pentru reducerea materiilor organice din apă este coagularea-decantarea; în unele situaţii este recomandată o uşoară supradozare a coagulantului, la pH 4-5, cu scopul de a maximiza eficacitatea reducerii materiilor organice din apă şi implicit a precursorilor THM. Utilizarea sărurilor de fier drept coagulanţi, în locul sărurilor de aluminiu permite limitarea concentraţiei ionilor metalici. Cercetări de laborator au demonstrat că diminuarea formarii THM după clorinare este de

Scanned with OKEN Scanner

48% în cazul utilizării unui exces de coagulant, comparativ cu o reducere de numai 21% la cantităţi minime de coagulant.

Reducerea turbidităţii apei prin filtrare membranară nu s-a dovedit eficientă pentru îndepărtarea substanţelor organice generatoare de THM. În schimb, nanofiltrarea diminuează formarea THM cu un procent de 90%. Ultrafiltrarea, practicată înaintea nanofiltrării poate reduce concentraţia THM în apă potabilă cu 99%.

În practică, este destul de dificilă selectarea metodei cu cea mai mare eficacitate, deoarece aceasta depinde foarte mult de natura materiilor organice prezente: sunt sau nu oxidabile cu ozon sau cu dioxid de clor, sunt sau nu adsorbite de cărbunele activ, necesită sau nu o doză mai mare de coagulant.

Pentru fiecare dintre variantele propuse pentru reducerea concentraţiilor precursorilor THM se cunosc avantaje şi dezavantaje:

- supradozarea coagulantului duce la formarea cantităţilor mari de nămol;
- filtrarea apei prin filtre de cărbune activ (CAG) se poate aplica la ape cu un conţinut relativ scăzut de substanţe organice;
- preoxidarea substanţelor organice cu ozon sau cu dioxid de clor presupune producerea acestor gaze *în situ*, ceea ce poate ridica mult costurile;
- tehicile membranare sunt eficiente dar foarte costisitoare.

Adsorbţia pe cărbune activ este metoda cea mai eficientă pentru eliminarea THM din apă potabilă supusă clorinării dar şi aceasta rămâne dependentă de natura compuşilor organohalogenaţi prezenţi. Reţinerea bromoformului este mai importantă decât cea a cloroformului, şi de aceea concentraţia mare a cloroformului este limitantă pentru eficacitatea metodei. Izoterma de adsorbţie este dependentă de concentraţiile altor compuşi organici care pot întra în competiţie cu THM. De asemenea, prezenţa ionilor Ca^{2+}, Mg^{2+}, temperatura influenţează capacitatea de adsorbţie a cărbunelui.

Dintre *tehnicile membranare*, nanofiltrarea se impune printre metodele de eliminare ale THM, datorită masei moleculare reduse ale compuşilor halogenaţi prezenţi (119 g/mol-cloroform,163g/mol-clor-dibrom-metan, 208 g/mol - diclor-brom-metan, 252 g/mol - bromoform). Masa moleculară scăzută a trihalometanilor este considerată responsabilă de eficacitatea redusă a eliminării THM din apă (în jur de 30%).

Modificarea metodei de clorinare prin optimizarea dozării clorului şi schimbarea punctului de contact al apei cu clorul pot contribui la diminuarea concentraţiei THM în apa potabilă.

Cloraminele, ozonul şi radiaţiile ultraviolete pot înlocui clorul ca dezinfectant. Cloraminele, substanţe cu acţiune bactericidă mult mai redusă decât clorul, nu sunt recomandate pentru dezinfecţia primară apei, mai ales dacă sunt prezente virusuri sau paraziţi închistaţi. Chiar dacă, în urma dezinfecţiei cu cloramină se formează cantităţi mai mici de THM, nu

Scanned with OKEN Scanner

acelaşi lucru se poate spune despre formarea altor compuşi organo-halogenaţi (aşa numitul "clor rezidual legat" sub formă de cloramine organice), despre a căror toxicitate nu se ştiu până acum, suficiente lucruri.

Tratarea apei cu ozon poate forma bromaţi, halogeno-acizi şi aldehide ca produşi secundari ai dezinfecţiei; clorinarea apei după dezinfecţia cu ozon – dezinfecţia secundară - conduce la formarea cloral-hidratului în urma reacţiei dintre clor şi acetaldehidă. Cloral-hidratul se descompune în apă cu formarea cloroformului (tempearaturile ridicate şi pH-ul intensifică procesul).

Dezinfecţia apei cu radiaţii UV utilizează energia fotochimică pentru a inhiba multiplicarea microorganismelor din apă. Ca şi în cazul ozonului, pentru a asigura calitatea apei în reţeaua de distribuţie este necesară dezinfecţia secundară, cu ajutorul clorului. Dezavantajul metodei constă în dificultatea de a se realiza contactul apei cu radiaţiile UV. Iradierea cu doze medii de raze UV (cel puţin 500 mJ/cm^2 nu produce concentraţii semnificative de subproduşi de dezinfecţie (THM şi acizi halogeno-acetici) la dezinfecţia secundară cu clor sau cloramine).

Eliminarea cianobacteriilor

Pentru reducerea concentraţiei cianobacteriilor se pot aplica: tehnica clasică de microfiltrare, coagularea-decantarea-filtrarea, adsorbţia sau oxidarea.

Microfiltrarea este o metodă de prelucrare în scop potabil aplicată apelor puternic colmatante datorită abundenţei elementelor în suspensie (plancton, alge). Practic, metoda constă în blocarea impurităţilor la nivelul unui filtru metalic cu ochiuri de dimensiunea zecilor de microni; filtrele cu ochiuri de 40 de microni sunt, de obicei, utilizate pentru obţinerea apei pentru consum uman. Eficacitatea filtrării depinde de natura planctonului.

Prelucrarea apei prin coagulare-floculare, aplicată în condiţii optime, poate elimina cianobacteriile din apă. Cele mai bune rezultate s-au obţinut prin înlocuirea sulfatului de aluminiu drept coagulant cu policlorosulfat de aluminiu. Filtrarea, ca etapă de prelucrare a apei, constituie etapă cea mai eficientă pentru eliminarea cianobacteriilor. La aplicarea filtrării rapide este importantă respectarea orarului spălării filtrelor. Spălarea filtrelor la intervale prea mari poate antrena probleme de relargare a toxinelor, ca urmare a lizei algelor în mediile filtrante (destructurare prin fragmentare). Filtrarea lentă are o eficacitate optimă (99%), datorată, în parte şi unor procese de biodegradare a unor materii organice.

Oxidarea chimică ca metodă de eliminare a cianobacteriilor oferă condiţii de eficienţă maximă, mai ales dacă se utilizează ozonul ca agent oxidant. Avantajul ozonizării apei este important, deoarece sunt distruse cianobacteriile dar şi toxinele acestora. Clorul gazos, prezent în apa cu pH scăzut (acid hipocloros) este, de asemenea, eficace pentru prelucrarea apei dar nu trebuie neglijate fenomenele de competiţie care pot să apară faţă de acţiunea oxidantă a clorului.

Scanned with OKEN Scanner

Eliminarea cianotoxinelor

Microfiltrarea şi *coagularea* cu sulfat de aluminiu sau cu policlorosulfat de aluminiu nu sunt suficient de eficace pentru eliminarea toxinelor cianobacteriilor.

Eliminarea toxinelor se poate realiza prin adsorbţia pe cărbune activ sau oxidare.

Cărbunele activ, sub formă de pulbere sau de granule reprezintă un mediu eficient pentru eliminarea cianotoxinelor. Eficacitatea metodelor bazate pe utilizarea pulberii de cărbune depinde de numeroşi factori: calitatea apei (mai ales cantitatea şi natura materiilor organice), nivelul cianotoxinelor, calitatea carbonului, doza utilizată şi timpul de contact. Trebuie remarcat faptul că unele toxine sunt "biodegradabile" cu un timp de înjumătăţire de la 7 la 10 zile. Această caracteristică pledează pentru utilizarea cărbunelui granulat cu un timp de utilizare mai mare decât timpul de înjumătăţire al toxinelor.

Oxidarea chimică poate fi, de asemenea, eficientă pentru eliminarea toxinelor cianobacteriilor din apă. Drept oxidanţi se pot utiliza:

- ozonul, foarte eficace la doze de 1 – 3 mg/mL;
- clorul, pentru care, în condiţii experimentale (concentraţia iniţială în toxine - 1,6 µg/L) s-a demonstrat că, în condiţii obişnuite de clorinare (pH - 7,7; doza de clor - 3 mg/L) eficacitatea poate ajunge la 100%, pentru un timp de contact de 20 de minute.

Remineralizarea apei

Remineralizarea apei aste o metodă de corecţie care intervine simultan asupra durităţii, alcalinităţii şi mineralizării apei. Se realizează practic prin două procedee tehnice:

- injectare de dioxid de carbon şi adăugare de oxid de calciu;
- adăugarea de bicarbonat de sodiu şi de clorură de calciu. În prezent, este preferată a doua variantă de tratament, deoarece permite corectarea independentă a alcalinităţii apei şi a durităţii acesteia.

Fluorizarea apei

Apa potabilă cu un conţinut de fluor sub 0,5 mg/L favorizează apariţia cariilor dentare.

Acţiunea cariopreventivă a fluorului din apă poate fi explicată prin reducerea sensibilităţii smalţului dentar faţă de acţiunea cariogenă a acizilor organici, precum şi prin inhibarea proceselor bacteriene şi enzimatice de la suprafaţa dinţilor.

Concentraţia optimă de fluor în apa potabilă care previne apariţia cariilor dentare este de 0,8-1,2 mg/L de apă.

Fluorizarea apei este procesul prin care apa potabilă se îmbogăţeşte în fluor până la limita indicată de legislaţia sanitară.

Scanned with OKEN Scanner

Substanţele folosite pentru fluorizare sunt: fluorura de sodiu, soluţie l%, hexafluorosilicat de sodiu (Na_2SiF_6) soluţie de concentraţie 0,8%, acid hexafluorosilicic (H_2SiF_6), hexafluorosilicatul de amoniu $(NH_4)_2SiF_6$ şi mai rar fluorura de calciu CaF_2.

Substanţele fluorizante sub formă de soluţie se introduc în apă după procesul de coagulare şi înainte de procesul de clorinare, întrucât prezenţa sulfatului de aluminiu duce la scăderea conţinutului de fluor din apă ca urmare a formării ionului complex $[AlF_6]^{3-}$. Se recomandă a se controla zilnic doza de fluor pentru a preveni eventualele depăşiri ale dozelor; concentraţiile mari de fluor (peste 1,5 mg/L) favorizează perturbarea procesului de calcifiere la nivelul dinţilor, fenomen care se manifestă prin pătarea smalţului dentar şi afectarea sistemului osos.

1.9.4. Cercetarea eficienţei staţiilor de tratare a apei

Cercetarea eficienţei staţiilor de tratare a apei în scop potabil se execută în două etape, care pot fi urmărite în paralel sau în succesiune. Este vorba de cercetarea eficienţei globale a staţiei şi cercetarea eficienţei pe sectoare.

Cercetarea eficienţei globale se face prin efectuarea de analize de laborator, de preferat pe acelaşi val de apă, cunoscându-se durata procesului tehnologic de la intrarea, la ieşirea din staţia de prelucrare.

Examenele de laborator vor cuprinde acei parametri de calitate ai apei pe care procesul tehnologic de tratare al apei trebuie să-i corecteze: turbiditate, oxidabilitate, amoniac, nitriţi, nitraţi, duritate, reziduu, fluor, clor rezidual.

Eficienţa globală a staţiei se exprimă atât ca valori absolute (concentraţia substanţei exprimată în mg sau $\mu g/dm^3$), cât şi valori relative (procentul reţinerii în staţie).

În cazul în care eficienţa globală se dovedeşte a fi necorespunzătoare, se efectuează *cercetarea eficienţei fiecărui sector* de prelucrare a apei.

Determinarea anumitor parametri (timpul în care apa parcurge diferitele sectoare ale staţiei, cantitatea de coagulant utilizată, debitul de filtrare, ritmul de curăţire a decantoarelor şi de spălare a filtrelor, cantitatea de clor utilizată etc) se efectuează pe probe de apă recoltate la intrarea şi la ieşirea apei din sectorul analizat.

1.9.5. Calitatea apei

Omul utilizează apa ca apă de băut - apă potabilă, indispensabilă pentru menţinerea vieţii, dar şi pentru multe alte scopuri: igiena individuală, salubrizarea localităţilor, agrement, activităţi economice etc. În funcţie de scopul pentru care apa este utilizată, s-au stabilit criterii specifice de calitate de calitate

Pentru apa potabilă (apa pentru consum uman) s-au stabilit criterii de calitate în relaţie cu influenţa asupra sănătăţii organismului.

Scanned with OKEN Scanner

Recomandările Organizatiei Mondiale a Sănătăţii privind aprecierea calităţii apei, în funcţie de scopul pentru care va fi utilizată, sunt orientate după două direcţii distincte:

- stabilirea condiţiilor de calitate a apei, în funcţie de scopul pentru care este utilizată;
- precizarea principalilor parametri de calitate pentru fiecare tip de apă, ţinând cont de rolul fiecăruia în modificarea proprietăţilor apei cât şi concentraţiile maxime peste care anumiţi compuşi nu pot fi prezenţi într-o anumită categorie de apă.

Selectarea parametrilor care trebuie urmăriţi depinde de scopul pentru care va fi utilizată apa de analizat: apă de băut, sursă de apă potabilă, ştranduri organizate, apă pentru irigaţii etc.

O parte dintre aceşti parametri de calitate sunt comuni pentru diferite categorii de apă datorită influenţei unitare asupra sănătăţii umane, iar altă categorie de indicatori sunt specifici unui anumit tip de apă, datorită influenţei specifice asupra sănătăţii.

Numărul indicatorilor selectaţi ca parametri de calitate nu trebuie să fie prea mare, pentru a nu face dificil procesul de interpretare şi corelare a rezultatelor analizelor de laborator.

Valorile parametrilor de calitate se apreciază în funcţie de scopul pentru care este utilizată apa; acelaşi indicator poate avea valori diferite pentru diverse categorii de apă.

Nivelul acceptat pentru un anumit indicator reprezintă **concentraţia maximă admisă** şi este stabilit prin Standarde naţionale, Ordine ale Ministrului Sănătăţii, pe baza recomandărilor Organizaţiei Mondiale a Sănătăţii, Directivelor UE, ţinând cont de condiţiile concrete din fiecare ţară.

Metodele de analiză recomandate a fi aplicate pentru aprecierea calităţii apei sunt selectate în funcţie de sensibilitate, selectivitate, rapiditate, grad de dificultate.

Normativele UE prevăd determinări obligatorii pentru apa potabilă, pentru apele de suprafaţă sau pentru apele subterane utilizate ca sursă de apă potabilă. În cazul apei distribuite populaţiei prin instalaţiile centrale de alimentare cu apă, se execută analize atât asupra apei date în consum (din rezervoare) cât şi pe teren, asupra reţelei de distribuţie.

Directiva Europeană 98/83/CE din 3 noiembrie 1998 (Decret 2001-1220 din 20 noiembrie 2001, revizuit la 01.01.2006) fixează două categorii de termeni care definesc concentraţiile maxime admise pentru poluanţi sau micropoluanţi:

- *limite de calitate* = **concentraţii maxime admise** – *criterii de calitate obligatorii*, care trebuiesc respectate;
- *recomandări privind calitatea* = **valori indicative** (valori ghid) stabilite în scopul de a urmări instalaţiile de producţie şi distribuţie a apei potabile şi de evaluare a riscurilor pentru sănătatea populaţiei; pe baza acestor recomandări, producătorii de apă

Scanned with OKEN Scanner

apreciază eficacitatea procesului de tratare a apei şi cuantifică deprecierea calităţii apei.

Reglementări privind analiza fizico-chimică a apei pe parcursul procesului de prelucrare

Apa brută prelucrată pentru a produce apă destinată consumului uman conţine un număr de compuşi care trebuie eliminaţi parţial sau total: particule în suspensie, materii organice, micropoluanţi organici sau minerali, microorganisme. În acelaşi timp, apa conţine elemente benefice pentru sănătate: calciu, magneziu, alte săruri minerale. De aceea, este necesară cunoaşterea compoziţiei apei pentru a aplica corect metodele de purificare şi de corecţie ale calităţii apei, pentru că tratamentul nu înseamnă numai îndepărtarea componentelor indezirabile, ci şi ameliorarea parametrilor senzoriali şi fizico-chimici şi limitarea fenomenelor de coroziune şi de incrustare (depunere de săruri) la nivelul instalaţiilor şi în reţeaua de distribuţie).

Buletinul de analiză al unei probe de apă trebuie să conţină valorile aceluiaşi indicator, pentru două puncte de recoltare:

P_1- rezervorul în care este înmagazinată apa potabilă şi P_2 - robinetul ultimului consumator din reţeaua de distribuţie.

Determinările obligatorii sunt:

- determinări care caracterizează echilibrul calco-carbonic: bicarbonaţi, calciu, magneziu, pH;
- conţinutul în materii organice: consum chimic de oxigen (CCO), consum biochimic de oxigen (CBO5), carbon organic total (COT), turbiditate.

Interpretarea rezultatelor de la analiza apei se bazează pe:

- balanţa ionică;
- mineralizarea apei;
- caracterul agresiv sau incrustant;
- duritatea apei;
- caracterul coroziv al apei;
- încărcătura în substanţe organice.

Balanţa ionică

Analiza fizico-chimică a apei include obligatoriu elementele pe baza cărora se stabileşte balanţa ionică: suma cationilor este egală cu suma anionilor, pentru macroelemente (calciu, magneziu, sodiu, potasiu, cloruri, sulfaţi, nitraţi, bicarbonaţi); diferenţa între cationi şi anioni nu poate fi mai mare de 2% (suma se exprimă în miliechivalenţi/L).

Mineralizarea apei

Mineralizarea apei se apreciază prin reziduul sec determinat prin încălzire la 180°C; la această temperatură, o parte din bicarbonaţi se transformă în carbonaţi. Valoarea teoretică a sărurilor total dizolvate (STD) se calculează după relaţia:

Scanned with OKEN Scanner

STD (mg/L) = reziduu sec (mg/L) + 0,5 [HCO_3^-] (mg/L).

Legislaţia UE nu fixează valori ghid pentru mineralizare, ci pentru conductivitate, care trebuie să fie cuprinsă între 180 şi 1000 µS/cm, la 20°C. Calculul aproximativ al mineralizării se poate realiza plecând de la conductivitate; spre exemplu, la 20°C, pentru o conductivitate cuprinsă între 166 şi 333 µS/cm, mineralizarea se calculează după formula:

STD (mg/L) = 0,77 · conductivitate (µS/cm).

Caracterul agresiv sau incrustant

Caracterul agresiv sau incrustant depinde de mai mulţi parametri: mineralizare, temperatură, duritate, alcalinitate.

Duritatea apei

Duritatea apei reprezintă totalitatea ionilor de calciu şi magneziu din apă; se exprimă în grade franceze (4 mg ioni de calciu sau 2,4 mg ion de magneziu/L) sau în grade germane (1°G = 10 mg CaO/L) (1°F = 0,56°G); (1°G = 1,785 °F).

În funcţie de duritatea totală, exprimată în grade franceze (TH), apa poate fi:

- foarte dulce (0-6°F);
- dulce (6-15°F);
- de duritate medie (15 – 30°F);
- foarte dură (> 30°F).

Caracterul coroziv al apei

Corozivitatea apei poate fi apreciată pe baza concentraţiei în cloruri, sulfaţi şi bicarbonaţi (indicele Larson) şi a raportului între alcalinitate totală şi duritate totală (indice Leroy).

Indice Larson (indice de corozivitate),

$$I_C = \{[Cl] + 2\cdot[SO4]\}/ [HCO_3^-];$$

concentraţiile sunt exprimate în mol/L.

Valori ghid pentru apă potabilă 0,2 – 0,3 (Tabel VIII)

Tabel VIII

Valorile indicelui de corozivitate a apei

Indice de corozivitate	Corozivitatea apei
< 0,2	Necorozivă
0,2 – 0,4	Slab corozivă
0,4 – 0,5	Uşor corozivă
0,5 – 1,0	Mediu corozivă
> 1,0	Corozivă

Scanned with OKEN Scanner

Indice Leroy (indice de corozivitate) reprezintă raportul între alcalinitatea totală şi duritatea totală a apei, exprimate în miliechivalenţi/L.

Pentru apa necorozivă, indicele Leroy este cuprins între 0,7 şi 1,3.

Conţinutul în materii organice

Apa brută care este folosită ca sursă de apă pentru consum uman conţine materii organice naturale şi micropoluanţi de provenienţă antropică sau industrială. Evaluarea cantitativă a prezenţei acestora în apă se face prin determinarea consumului chimic de oxigen, pentru instalaţii care deservesc colectivităţi reduse şi prin determinarea carbonului organic total (COT), pentru colectivităţi numeroase (5000 de locuitori).

Normativele sanitare reprezintă limitele acceptabile din punct de vedere sanitar ale concentraţiei în care se poate găsi o substanţă în apa analizată pentru ca, în funcţie de utilizarea acesteia, să nu fie nocivă, direct sau indirect, asupra organismului uman.

Valorile stabilite drept concentraţii maxime admise în apă potabilă se stabilesc ţinând cont de aportul pentru organism prin apă potabilă a unui anumit compus şi doza admisă zilnic pentru acel compus, în funcţie de toxicitatea acestuia.

Spre exemplu, pentru stabilirea concentraţiei maxime admise în apa pentru plumb, se ţine cont de contribuţia apei de băut la atingerea concentraţiei plumbului în sânge precum şi de concentraţia săptămânală admisibilă de 3 mg Pb^{2+}/persoană (stabilită în 1972 de Comitetul de experţi FAO / OMS).

Dacă concentraţia medie de Pb^{2+} în apa potabilă este mai mică de 50 µg/L, doza săptămânală de 3 mg nu este depăşită, chiar cu un regim alimentar cotidian conţinând 300 µg Pb^{2+}/L. Apa conţinând 50 µg Pb^{2+}/L nu contribuie decât cu 25 – 50% la doza săptămânală admisă pentru plumbul ingerat de adult.

Valorile corespunzătoare pentru Pb absorbit sunt de 20 – 33% din cel ingerat, deci recomandarea unei concentraţii maxime de 0,05 mg Pb/L este convenabilă.

Recomandările sau normele internaţionale de potabilitate, elaborate de Organizaţia Mondială a Sănătăţii, au limite destul de largi de variabilitate. Normele de potabilitate nu sunt fixe, ele se pot schimba în funcţie de evoluţia cunoştinţelor medicale, de posibilităţile de determinare ale anumitor componenţi din apă.

1.9.6. Condiţii de potabilitate a apei

În ţara noastră, primul Standard de potabilitate a apei a apărut în anul 1950 şi a fost modificat de mai multe ori. Calitatea apei destinate consumului uman trebuie să corespundă valorilor stabilite pentru parametrii prevăzuţi în:

Legea 458/2002 privind calitatea apei potabile, şi

Scanned with OKEN Scanner

Legea nr. 311/2004 pentru modificarea şi completarea Legii nr. 458/2002 privind calitatea apei potabile (Anexa I).

În privinţa parametrilor prevăzuţi în Anexa I, "Monitorizarea de control", valorile lor sunt stabilite în scopul evaluării calităţii apei potabile în programele de monitorizare.

Standardul de apă potabilă în vigoare în România (Legea 458/2002 privind calitatea apei potabile şi Legea nr. 311/2004 pentru modificarea şi completarea Legii nr. 458/2002 privind calitatea apei potabile, Tabele I, II III, Anexa I) include parametri de calitate, care sunt:

- parametri microbiologici;
- parametri chimici;
- parametri indicatori.

Din categoria parametrilor chimici fac parte: acrilamidă, arsen, benzen benz(a)piren, bor, bromaţi, cadmiu, clorură de vinil, crom, cupru, cianuri, dicloretan, epiclorhidrină, fluor, hidrocarburi policiclice aromatice, mercur, nichel, nitraţi, nitriţi, pesticide, plumb, seleniu, stibiu, tetracloretan, tricloretena, trihalometani.

Parametrii indicatori: aluminiu, amoniu, carbon organic total, clor rezidual, cloruri, conductivitate, fier, mangan, oxidabilitate (substanţe organice oxidabile), sodiu, substanţe tensioactive, sulfat, sulfuri şi hidrogen sulfurat, zinc sunt reprezentaţi de acei compuşi prin a căror determinare (analiza sumară a apei) confirmăm sau infirmăm potabilitatea apei.

În prezent, condiţiile de calitate impuse apei pentru consum uman sunt cele impuse de **Directiva Europeană 98/83/CE din 3 noiembrie 1998** (**Decret 2001-1220 din 20 noiembrie 2001, revizuit la 01.01.2006**) (Tabel VI, Anexa II).

Depăşirea limitelor maxime admise sau prezenţa unor substanţe a căror absenţă este cerută de legislaţia sanitară determină analistul să caracterizeze apa analizată ca necorespunzătoare din punct de vedere potabil.

Pentru apele subterane, depăşirea concentraţiilor maxime admise pentru diferiţi indicatori de calitate ai apei poate fi determinată de:

- impurificarea apei prin infiltrarea apelor reziduale sau a apelor de şiroire;
- compoziţia chimică a solului pe care apele subterane îl strabat.

În primul caz, este vorba de o poluare a apei concretizată prin creşterea oxidabilităţii, însoţită de prezenţa amoniacului, nitriţilor şi clorurilor. Prezenţa simultană a substanţelor organice în concentraţie mare şi a amoniacului indică o poluare recentă.

Dacă pe lângă amoniac sunt prezenţi nitriţii şi mai ales concentraţii mari de nitraţi este vorba de o poluare mai veche.

Absenţa amoniacului, existenţa nitriţilor sub formă de urme şi prezenţa nitraţilor arată ca procesul de autopurificare este pe cale de finalizare.

Scanned with OKEN Scanner

În al doilea caz, datorită solului bogat în elemente chimice, se remarcă o creştere a gradului de mineralizare al apei (reziduul fix), clorurilor, durităţii totale; substanţele organice şi nitriţii sunt în limitele admise, iar amoniacul şi nitraţii sunt absenţi.

Prezenţa nitraţilor în concentraţii crescute, neînsoţită de compuşii specifici poluării (NH_4^+, NO_2^-, Cl^-) indică proveniența acestora din surse minerale (roci bogate în nitraţi) sau sunt rezultatul mineralizării complete a unor substanţe organice poluante.

În cazul apei provenite din reţeaua de distribuţie:

- absenţa clorului rezidual liber indică prezenţa substanţelor organice în concentraţii mari, ca rezultat al impurificării apei;
- conţinutul scăzut al unor microelemente (fluor, iod, mangan) precum şi excesul acestora (F^-) influenţează nefavorabil starea de sănătate a consumatorului.

În apa potabilă pot fi prezente ca micropoluanţi diferite substanţe toxice (Pb^{2+}, Hg^{2+}, pesticide etc) sau care modifică proprietăţile organoleptice ale apei prin gustul şi mirosul dezagreabil (fenoli, hidrocarburi, detergenţi).

Determinarea acestora se face prin metode standardizate, iar concentraţiile maxime admise sunt cuprinse în normele de potabilitate ale apei.

Interpretarea corectă a indicatorilor fizico-chimici ai apei analizate se realizează prin corelarea cu ceilalţi indicatori de potabilitate ai apei - indicatorii bacteriologici şi biologici.

1.10. Apa reziduală (Apa uzată)

Apele reziduale reprezintă reziduuri lichide provenite din activitatea fiziologică şi social-economică a omului, care se dizolvă în apă şi/sau sunt transportate de apă.

1.10.1. Clasificarea apelor reziduale

Reziduurile lichide se pot clasifica în mai multe categorii, în funcţie de proveniența lor şi anume:

- ape reziduale comunale;
- ape reziduale industriale;
- ape reziduale provenite din zootehnie;
- ape meteorice.

Ape reziduale comunale

Apele reziduale comunale provin din locuinţe şi instituţi publice (spălătorii, spitale, şcoli, hoteluri, unităţi comerciale şi alimentare).

Volumul acestor ape este variabil de la o localitate la alta, de la un sezon la altul şi este în funcţie de consumul de apă potabilă pe locuitor. Ritmul

Scanned with OKEN Scanner

de producere este variabil în curs de 24 de ore, fiind mai crescut dimineaţa şi seara şi mai redus în restul zilei şi în cursul nopţii.

Compoziţia chimică a apelor reziduale comunale este specifică şi determinată de consumul de apă pe locuitor. Dintre elementele caracteristice apelor reziduale comunale, locul cel mai important este ocupat de agenţii biologici (bacterii, virusuri, paraziţi) şi substanţele organice solvite sau în suspensie, provenite atât din dejecţii cât şi din reziduurile rezultate de la pregătirea alimentelor, salubrizarea locuinţelor.

Substanţele organice prezente în apele comunale sunt uşor biodegradabile, consumând mari cantităţi de oxigen din apă.

În apele comunale pot fi prezente substanţe chimice cu potenţial toxic ca detergenţi şi pesticide utilizate în gospodărie.

Apele comunale primesc şi apele de şiroire formate în urma precipitaţiilor atmosferice şi sunt colectate şi transportate prin reţelele de canalizare în vederea purificării.

Evacuarea acestor ape direct în apele de suprafaţă poate determina scăderea bruscă a oxigenului dizolvat al acestora, cu consecinţe asupra dezvoltării florei acvatice, mergând până la degradarea totală a apei primitoare.

Ape reziduale industriale

Reziduurile lichide industriale provin ca urmare a folosirii apei în diversele procese industriale, ca apă de răcire sau pentru întreţinerea salubrităţii unităţilor industriale.

Volumul acestor ape este diferit de la o industrie la alta, de la o întreprindere la alta, în funcţie de procesul tehnologic utilizat; ritmul de producere este în funcţie de procesul tehnologic.

Compoziţia chimică a apelor reziduale industriale este caracterizată de o mare diversitate de compuşi şi pot conţine germeni patogeni, suspensii, substanţele organice uşor biodegradabile, dar mai ales substanţele chimice toxice.

După compoziţia lor chimică, apele reziduale industriale se pot grupa astfel:

- ape cu un conţinut ridicat de substanţe organice biodegradabile şi agenţi patogeni provenite de la abatoare, industrii alimentare, unităţi de prelucrare a pieilor, fabrici de ulei etc.;
- ape care conţin cantităţi mari de suspensii rezultate de la fabricile de zahăr;
- ape caracterizate de prezenţa unor substanţe cu densitate mai mică decât a apei (grăsimi, uleiuri minerale, reziduuri petroliere) evacuate din întreprinderi chimice specifice, rafinării, fabrici de ulei; prin deversare în apele de suprafaţă, substanţele cu densitate mică împiedică difuzia oxigenului din aer;

Scanned with OKEN Scanner

- ape rezultate din întreprinderi chimice cu procese tehnologice specifice, care conţin compuşi chimici toxici;

Evacuarea acestor ape în apele de suprafaţă impune o prealabilă purificare prin metode adecvate.

Ape uzate provenite din zootehnie

Aceste ape uzate provin din unităţi de creştere şi îngrijire a animalelor. Volumul lor, ca şi ritmul de producere sunt în funcţie de specia animală, numărul şi vârsta acestora cât şi de procesul tehnologic de furajare şi întreţinere a salubrităţii.

Compoziţia chimică a apelor reziduale provenite din zootehnie este asemănătoare cu cea a apelor comunale, dar sunt mult mai impurificate; astfel, consumul biochimic de oxigen este de 5 ori mai mare, cantitatea de azot de 7 ori mai mare, iar cantitatea totală de suspensii este de 10 ori mai crescută.

În acelaşi timp, aceste ape conţin un număr mare de germeni şi diferite substanţe chimice toxice utilizate în creşterea animalelor (antibiotice, biostimulatori, pesticide).

Ape meteorice

Apele meteorice, deşi nu rezultă din activitatea umană, pot fi considerate reziduuri lichide sau ape reziduale datorită caracteristicilor lor şi importanţei sanitare pe care o au. Aceste ape, iniţial, nu conţin poluanţi; traversând atmosfera, se impurifică şi, odată ajunse pe sol, antrenează diferite impurităţi de pe suprafaţă acestuia. O parte a acestor ape se infiltrează în sol, iar altă parte formează apele de şiroire. Acestea pot ajunge direct în apele de suprafaţă împreună cu impurităţile pe care le vehiculează. În zonele locuite, prevăzute cu reţele de canalizare, apele de şiroire pătrund în sistemul de canalizare şi se alătură apelor reziduale comunale.

Volumul apelor meteorice este dependent de volumul precipitaţiilor, dar şi de caracteristicile geomorfologice şi urbanistice ale colectivităţii.

Compoziţia apelor de şiroire cuprinde o mare cantitate de suspensii, germeni microbieni antrenaţi de pe suprafaţă solului, substanţe organice biodegradabile, dar şi unele substanţe cu toxicitate ridicată (pesticide, reziduuri radioactive etc.).

1.10.2. Efectele apelor reziduale asupra mediului ambiant

Prin conţinutul lor bogat în germeni microbieni (unii patogeni) şi substanţe chimice cu structuri diverse, apele reziduale exercită efecte specifice asupra elementelor mediului ambiant şi asupra omului. Acestea pot fi:

- *efecte toxicologice*, determinate de conţinutul apelor reziduale în substanţe chimice toxice şi de prezenţa germenilor microbieni. Impurificarea accidentală a apei destinate consumului uman cu ape

Scanned with OKEN Scanner

reziduale poate avea consecinţe severe asupra consumatorului, concretizate prin dezvoltarea patologiei hidrice de natură chimică sau infecţioasă. Poluarea apei influenţează în mare măsură salubritatea solului, calitatea vegetaţiei, deci conţinutul în compuşi toxici al alimentelor de natură vegetală şi animală şi, prin aceasta, starea de sănătate a populaţiei;

- *efecte epidemiologice*, legate de răspândirea în mediul înconjurător şi în mod deosebit în apă şi pe sol a germenilor patogeni. Aceştia pot veni în contact direct sau indirect cu organismul uman provocând îmbolnăviri care pot îmbrăca forme epidemice, endemice sau sporadice;
- *efecte ecologice*, deoarece prezenţa cantităţilor mari de substanţe organice necesită un consum crescut de oxigen din apă, iar scăderea acestuia are efecte negative imediate asupra organismelor acvatice şi proceselor biologice la care aceste organisme participă. În aceste condiţii apar fenomene de fermentaţie şi de putrefacţie ale unor componente cu eliberare de gaze toxice sau urât mirositoare. Mecanismele de autopurificare ale apei şi solului sunt perturbate şi poluarea persistă, afectând toate elementele de mediu;
- *efecte economice* datorită distrugerii florei şi faunei acvatice, mai ales a peştilor, foarte sensibili la lipsa de oxigen şi la prezenţa unor substanţe toxice în apă; apoi, are loc perturbarea procesului de prelucrare a apei pentru consum uman şi imposibilitatea utilizării apei pentru scopul propus.

1.10.3. Colectarea şi transportul apelor reziduale

Cunoscând efectele negative pe care apele reziduale le au asupra organismului uman şi mediului său de viaţă, se înţelege că reziduurile lichide trebuie colectate şi purificate înainte de a fi deversate în apele de suprafaţă. Deversarea efluenţilor reziduali este permisă numai dacă apele poluate au fost aduse la o puritate care să nu modifice caracteristicile apei primitoare.

Pentru aceasta, reziduurile lichide sunt colectate în instalaţii de construcţie adaptată la natura reziduurilor colectate. Apele reziduale comunale sunt transportate prin reţeaua de canalizare şi se acumulează în bazine special amenajate în staţia de epurare.

Apele reziduale industriale care conţin compuşi chimici de sinteză trebuie prelucrate specific (neutralizate, denocivizate, dezinfectate) pentru îndepărtarea substanţelor toxice sau germenilor patogeni înainte de eliminarea în reţeaua de canalizare. Apele meteorice se colectează prin sifoane de curte sau de stradă, de unde sunt conduse în reţeaua de canalizare.

Reţeaua de canalizare trebuie să îndeplinească anumite condiţii:

- să prezinte capacitatea corespunzătoare volumului de apă rezultat;

Scanned with OKEN Scanner

- să asigure evacuarea reziduurilor lichide în timp optim pentru a evita procesele de descompunere (5-7 ore);
- să aibă o bună etanşeitate pentru a evita poluarea aerului, solului, apelor subterane şi a apei destinate consumului uman;
- să fie amplasată corect (sub zona de îngheţ şi sub reţeaua de alimentare cu apă potabilă).

1.10.4. Purificarea apelor reziduale

Apa reziduală colectată prin sistemul de canalizare poate fi deversată numai dacă nu modifică categoria de puritate a apei primitoare şi dacă aceasta are capacitatea optimă pentru înglobarea efluentului rezidual.

În caz contrar, este obligatorie purificarea (epurarea) prin metode specifice categoriei de apă reziduală şi chiar unui anumit poluant.

Purificarea cuprinde totalitatea metodelor şi mijloacelor de reţinere şi îndepărtare din apele reziduale a poluanţilor şi germenilor care depăşesc limitele admise pentru o anumită categorie de apă.

Purificarea se poate realiza prin metode fizice, chimice şi biologice.

Purificarea apelor reziduale prin metode fizice

Apele reziduale, în funcţie de proveniența lor, pot conţine particule în suspensie, materii organice şi minerale dizolvate, microorganisme. Metodele fizice de purificare au drept scop îndepărtarea substanţelor organice sau minerale aflate în suspensie, pentru a le aduce la gradul de puritate al apei în care urmează să fie deversate.

Instalaţiile utilizate pot fi decantoare pentru particulele cu densitate mare şi flotoare pentru separarea substanţelor cu densitate mai mică decât a apei. În prima etapă, apele reziduale sunt trecute prin grătare cu ochiuri din ce în ce mai mici aşezate în serie; la acest nivel sunt reţinute suspensiile cu dimensiuni mai mari decât ochiurile grătarelor. În continuare, apa intră în instalaţii de sedimentare, constituite din decantoare de diferite forme (orizontale, verticale), pe care apa le traversează lent pentru a permite depunerea suspensiilor.

Decantoarele (bazine de sedimentare) pot fi:

- decantoare orizontale, de formă dreptunghiulară, cu adâncime mai mare în zona de intrare a apei. Viteza apei este de 5-15 mm/s, iar timpul de traversare este de 1-2 ore. Eficienţa acestui tip de decantoare este de 60-90%. Sedimentele acumulate (nămolul) se îndepărtează prin pompare, sunt uscate (conţin 97% apă) sau sunt utilizate pentru obţinerea metanului prin biotransformare în nămoltancuri;
- decantoare verticale - bazine circulare din beton, conice la partea inferioară, în care apă circulă de jos în sus cu viteza mică. Nămolul se depozitează la partea inferioară a bazinului de unde este periodic evacuat. Timpul de menţinere a apei în bazin este de 1-2 ore;

Scanned with OKEN Scanner

- decantoare etajate, numite şi bazine septice; acestea prezintă avantajul că realizează o bună sedimentare, în paralel cu dezagregarea parţială a nămolului. Apele reziduale sunt aduse în etajul superior care funcţionează ca un decantor obişnuit, materiile în suspensie se acumulează în bazinul inferior în care are loc şi descompunerea sub acţiunea unor microorganisme anaerobe.

Bazinele sunt prevăzute cu sisteme de captare a gazelor rezultate din procesele de fermentaţie. Aceste gaze, prin ardere, produc energie termică care poate fi utilizată în diferite scopuri.

Flotoarele sunt instalaţii de separare a substanţelor cu densitate mai mică (uleiuri, grăsimi, petrol).

În cazul în care apele reziduale conţin şi particule de dimensiuni mici, greu sedimentabile, se utilizează coagulanţi - substanţe care favorizează sedimentarea, ca şi în cazul coagulării apei potabile (sulfat de aluminiu, sulfat de fier).

La apele care conţin cantităţi însemnate de grăsimi, flotoarele se instalează imediat după sistemele de grătare, deoarece pătrunderea grăsimilor în instalaţiile de sedimentare perturbă buna funcţionare a acestora.

Purificarea avansată a apelor reziduale se realizează prin filtrare mecanică, filtrare granulară, microfiltrare sau ultrafiltrare

Filtrarea mecanică se realizează cu ajutorul unor microsite cilindrice (35 μm) care funcţionează gravitaţional şi reţin în jur de 50 % din suspensii.

Filtrarea granulară utilizează filtre de nisip (1,35 mm); pentru a se evita colmatarea se folosesc filtre prevăzute cu sisteme de spălare continuă. Îmbunătăţirea randamentului de filtrare se obţine prin:

- aplicarea unui pretratament chimic (coagulare-filtrare);
- utilizarea unor materiale poroase (puzzolan = cenuşă vulcanică, argile) pe care se dezvoltă o biomasă; apa reziduală supusă filtrării trebuie aerată permanent.

Avantajul aplicării filtrării granulare îl reprezintă reducerea numărului de ouă de helminţi până la nivelul de 1 ou/L (dezinfecţia nu este eficientă pentru îndepărtarea ouălor de helminţi din apă).

Filtrarea prin membrane (este aplicată în aceleaşi condiţii ca şi la filtrarea apei pentru consum uman) permite obţinerea unei ape de aceeaşi puritate cu cea obţinută la purificarea apelor uzate prin bioreactoare cu membrană.

Purificarea apelor reziduale prin metode biologice

Metodele fizice de purificare a apelor reziduale micşorează conţinutul acestora în suspensii, dar în apă rămân cantităţi mari de agenţi biologici.

Pentru a putea fi deversată în apele de suprafaţă, în care să nu modifice semnificativ indicatorii proprii categoriei din care face parte apa primitoare, trebuie să se acţioneze pentru scăderea corespunzătoare a concentraţiilor substanţelor poluante.

Scanned with OKEN Scanner

Purificarea apelor reziduale prin metode biologice se bazează pe biodegradarea substanţelor organice oxidabile prin procese care au fost prezentate la autopurificarea apei. Metodele biologice pot fi: naturale şi artificiale.

Metode biologice naturale

Aceste metode se bazează pe capacitatea de autopurificare a solului şi a apei şi pot fi:

1. *câmpuri de asanare* - suprafeţe de teren care servesc numai pentru purificarea apelor reziduale; terenul se împarte în parcele inundate succesiv cu ape reziduale. Particulele de sol se îmbogăţesc cu microorganisme care biodegradează substanţele organice;
2. *câmpuri de irigare* - suprafeţe de teren cu şanţuri în care sunt deversate apele uzate. Se realizează atât purificarea apelor reziduale cât şi irigarea şi fertilizarea terenurilor. Terenurile selectate drept câmpuri de irigare trebuie să aibă proprietăţi absorbante optime, cu stratul de apă freatică la adâncimi mari; apele reziduale deversate nu trebuie să conţină substanţe toxice greu biodegradabile;
3. *irigare subterană* - apa reziduală este răspândită în sol la 30 cm adâncime; prezintă avantajul că nu impurifică suprafaţă solului, dar este costisitoare;
4. *lacuri biologice* - amenajări artificiale în care se deversează apele reziduale, în prealabil purificate prin metode fizice; au loc procese biologice de autopurificare; se are în vedere să nu fie depăşită capacitatea de autopurificare a apei care ar duce la apariţia proceselor anaerobe.
5. *puţuri absorbante* - puţuri de infiltraţie rotunde sau pătrate cu pereţii betonaţi, cu adâncimea de 2-5 m şi cu partea inferioară liberă. Se amenajează în soluri cu porozitate bună în care freaticul este la cel puţin 3 m sub nivelul inferior al puţului. Pot funcţiona 6-10 ani; sunt amplasate în partea declivă a terenului pentru a nu afecta apa fântânilor care captează freaticul.

Pentru a se evita colmatarea puţurilor de infiltraţie, acestea se pot construi în serie. Sunt practicate în gospodăriile rurale.

Metodele biologice artificiale

Metodele biologice naturale sunt relativ puţin utilizate deoarece pot purifica cantităţi mici de ape uzate.

De aceea, se utilizează procedee artificiale prin care se reproduc, în instalaţii adecvate, metodele de purificare naturale care au loc în sol şi în apă. Cele mai utilizate sunt biofiltrarea, filtrele biologice (clasice) şi bazinele de nămol activat.

Biofiltrarea

Epurarea apelor reziduale prin biofiltrare este o tehnologie biologică bazată pe dezvoltarea unei biomase aptă să degradeze poluanţii; în

Scanned with OKEN Scanner

paralel, are loc filtrarea apei şi separarea de nămolul rezidual. Toate operaţiile se realizează în acelaşi reactor conţinând material filtrant.

Biofiltrarea este eficientă pentru îndepărtarea materiilor organice biodegradabile (compuşi conţinând carbon şi azot, oxidabili cu permanganat de potasiu) din apele a căror conţinut în materii în suspensie este mai scăzut de 100 -120 mg/L. Pentru apele cu materii în suspensie în cantităţi mai mari este necesară limpezirea prin coagulare-floculare-decantare.

Tehnic, biofiltrarea necesită două componente: biomasa şi materialul filtrant.

Biomasa

Epurarea biologică a apelor uzate constă în punerea în contact, într-un reactor, a apei poluate cu masa bacteriană; practic, se pot aplica două procedee:

- biomasa - cultură liberă, când aceasta se dezvoltă sub formă de flocoane bacteriene menţinute în suspensie în lichid - metoda nămolului activat;
- biomasa - cultură fixată, când aceasta se prezintă sub forma unui biofilm fixat pe un suport cu ajutorul unor exopolimeri produşi de microorganisme. Acest procedeu a fost aplicat iniţial ca filtre biologice, apoi prin utilizarea unor discuri biologice rotative şi, în prezent, ca biofiltrare.

Filtrele biologice

Filtrele biologice sunt bazine din ciment în interiorul cărora se află materialul filtrant. Acesta este un material care dezvoltă o suprafaţă specifică mare, are o macroporozitate importantă, este rezistent la frecare (pentru a nu se produce particule foarte mici) şi are o densitate aparentă redusă. Alegerea dimensiunii granulelor este un compromis între necesitatea de a avea granule de dimensiuni mici pentru a se realiza o reţinere eficientă a suspensiilor şi nevoia de a evita colmatarea prea rapidă şi spălarea prea frecventă a filtrului. Granulometria recomandată variază între 2 şi 8 mm: 3 - 6 mm pentru suspensiile bogate în carbon şi 2 - 5 mm pentru cele bogate în azot.

Cele mai utilizate materiale filtrante sunt: cărbune, materiale naturale (argile) tratate termic sau materiale sintetice (polistiren).

Materialul filtrant serveşte ca suport pentru aderarea şi multiplicarea microorganismelor care în final se constituie într-o peliculă compactă, foarte bogată în microorganisme acvatice (alge, bacterii, protozoare) numită zooglee.

Acest material filtrant, îmbogăţit în microorganisme funcţionează ca un sol artificial, de aceea se mai numesc şi filtre biologice de oxidare. În practică se utilizează mai multe tipuri de filtre biologice:

Filtre biologice intermitente, constituite din bazine de dimensiuni diferite, cu material filtrant, peste care se introduce apa uzată până la nivelul de 10-15 cm deasupra stratului filtrant. Apa se introduce succesiv, la intervale de 2-3 ore (sunt necesare 2 ore pentru filtrarea apei şi încă o oră pentru difuzia oxigenului

Scanned with OKEN Scanner

din atmosferă). Microorganismele acvatice din membrana zooglee descompun substanţele organice reţinute în porii filtrului.

Eficacitatea filtrelor intermitente este de 90-97% pentru substanţele organice şi de 97-98% pentru flora microbiană din apa uzată.

Filtre biologice de contact au masa filtrantă formată din cocs sau fragmente de piatră. Apele reziduale decantate sunt aduse la suprafaţa filtrului unde sunt menţinute 2 ore timp în care are loc absorbţia materiilor organice şi a florei microbiene oxidante la nivelul peliculelor filtrante. Apa reziduală este evacuată şi filtrul se lasă liber 6 ore pentru difuzia aerului şi pentru regenerare. Ciclul se repeta de 3 ori în 24 de ore. Pentru mărirea eficienţei se pot monta 2-3 filtre, în serie.

Filtre biologice stropitoare, în care apele uzate decantate sunt răspândite pe suprafaţă filtrului prin stropire. În contact cu aerul, apa se îmbogăţeşte cu oxigen, mărindu-se astfel, capacitatea oxidativă a microorganismelor din zooglee. Funcţionarea filtrului este continuă, cu bune randamente, mai ales în anotimpul cald.

Biofiltrarea se realizează în reactoare conţinând materialul filtrant specific pentru natura poluării existente; dimensiunea biofiltrelor depinde de încărcarea masică (exprimată în kg de poluant/zi /m^3 de material filtrant) şi de viteza de filtrare (exprimată în metri/oră). Înălţimea unui reactor este ăn jur de 3 m pentru filtrele care purifică ape conţinând poluanţi bogaţi în carbon şi azot şi de 4 m pentru biofiltrele care realizează denitrificare.

Sensul de filtrare poate fi ascendent („upflow" sau în co-curent cu jetul de aer) sau descendent („downflow" sau în contra-curent cu jetul de aer). În prezent, biofiltrele ascendente se folosesc mai ales pentru purificarea apelor industriale. Aerarea biofiltrelor se realizează prin insuflarea aerului printr-un sistem de tuburi perforate.

Purificarea apelor reziduale prin metoda nămolului activat

Metoda se bazează pe reproducerea artificială a proceselor de autopurificare din apă şi se aplică pentru purificarea apelor reziduale comunale în care peste 95 % din poluanţi sunt materii biodegradabile.

Nămolul activat este o biocenoză de microorganisme oxidante selecţionate, iar poluanţii din apă constituie substratul nutritiv al acestora. Carbonul, prezent în toate moleculele biologice este cel mai uşor eliminat din apă. Nămolul activat consumă carbonul organic ca substrat nutritiv în câteva ore (carbonul este reţinut în proporţie de 90%); o parte este transformat în dioxid de carbon şi apă, iar restul permite dezvoltarea unor generaţii noi de microorganisme. Procesul de oxidare al materiilor organice este puternic consumator de oxigen şi, de aceea masa de nămol este aerată permanent. Procesele metabolice ale microorganismelor din biomasă duc la creşterea conţinutului în azot şi fosfor cu până la 30%. Pentru reducerea acestora este necesară parcurgerea unor etape de purificare specifice.

Instalaţiile de purificare cu nămol activat sunt formate din bazine prevăzute cu sisteme de introducere a aerului sub presiune. Apa uzată

Scanned with OKEN Scanner

introdusă în bazin este amestecată cu nămolul activat. Nămolul activat maturat se prezintă sub formă de flocoane; prin aerare puternică (1-2 ore) se realizează amestecul între apa uzată şi flocoanele de nămol activat, timp în care bacteriile realizează biooxidarea. Când procesul este încheiat, nămolul sedimentează, iar apa decantată este condusă în alte compartimente pentru eliminarea azotului şi fosforului sau pentru dezinfecţie.La anumite intervale de timp, nămolul este regenerat.

Eliminarea fosforului prezent în apele comunale

Prezenţa cantităţilor mari de fosfaţi în apele reziduale comunale este datorată, în special, utilizării agenţilor de spălare. Teoretic, se consideră că fosforul total eliminat în apele reziduale, corespunzător fiecărui locuitor (echivalent locuitor) este de 4 g/zi.

Raportând această cantitate la volumul zilnic de apă reziduală pe echivalent locuitor, se obţine o concentraţie de 25 mg fosfor total/L. Aceste ape reziduale sunt deversate, după o purificare mai mult sau mai puţin eficientă, în apele de suprafaţă; 50 – 70 % din fosforul din cursurile de apă provine din apele comunale deversate iar restul din apele de şiroire care spală terenurile agricole. Prezenţa fosforului în cursurile de apă şi în lacuri este responsabilă de eutrofizarea acestora, fenomen care constă în proliferarea anarhică a algelor şi un consum crescut de oxigen din apă, cu consecinţe negative asupra faunei acvatice. Indirect, eutrofizarea apelor este responsabilă de fenomenul de autopoluare a apei întrucât procesul de autopurificare nu face faţă cantităţilor mari de substanţe organice care trebuie biodegradate. Reducerea concentraţiei fosforului din apă se poate realiza prin metode chimice sau prin metode biologice.

Eliminarea fosforului prin metode biologice

Metabolismul bacterian permite intervenţia fosforului la nivelul fenomenelor care administrează acumularea sau stocarea energiei; schematic, acumularea energiei se traduce prin sărăcirea mediului în fosfor. Din contra, utilizarea energiei antrenează o creştere a concentraţiei fosforului în mediu. În paralel cu acest fenomen s-a pus în evidenţă o asimilare excesivă de fosfor ca urmare a stress-ului biomasei; expusă alternativ la condiţii aerobe (utilizarea O_2 pentru respiraţia biomasei) şi anaerobe (respiraţia biomasei se realizează pe baza oxigenului din sulfaţi şi apoi este utilizat cel din apă), biomasa asimilează fosfor în cantităţi mai mari decât cel consumat. Îndepărtarea biomasei din mediu conduce automat la eliminarea fosforului.

Randamentul procesului este foarte bun; se consideră că biomasa utilizează pentru dezvoltarea sa (sinteză celulară) o cantitate de fosfor echivalentă cu aproximativ 1% din DBO_5 eliminat.

Eficienţa procesului depinde de: caracteristicile biomasei, substrat, aportul de oxigen, concentraţia în nitraţi, timpul de staţionare în zona de anaerobioză, volumul de nămol rezultat.

Scanned with OKEN Scanner

Biomasa defosfatantă: bacteriile identificate ca fiind "specialiste" ale defosfatării biologice sunt, în special, *Acinetobacter*. Alternanţa condiţiilor de aerobioză/anaerobioză modifică echilibrul enzimatic şi induce supraacumularea fosforului.

Substratul: raportul optim consum biochimic de oxigen (conţinut în materii organice oxidabile, CBO_5)/fosfor este 30:1;

Aportul de oxigen: în scopul omogenizării zonei de anaerobioză este necesar de a realiza un amestec controlat, deoarece un aport prea crescut de oxigen în aceasta zonă limitează randamentul de eliminare al fosforului. În acelaşi timp, aerarea bazinului de aerobioză trebuie să aducă suficient oxigen pentru a asigura supraacumularea fosforului; se apreciază că necesarul de oxigen este de cel puţin 2 mg O_2/L.

Concentraţia în nitraţi: nitraţii pot avea acţiune inhibitoare asupra biomasei; la concentraţii ridicate de nitraţi poate avea loc denitrificarea în defavoarea defosfatării. În aceste condiţii se realizează întâi o denitrificare avansată. Există şi posibilitatea de a cupla cele două tratamente prin integrarea unui bazin anoxic (respiraţia biomasei se face pe seama oxigenului din nitraţi) în circuitul defosfatării, în amonte de bazinul de anaerobioză. Sursa de nitraţi poate fi dublă: aport direct de către apele uzate sau recircularea nămolului rezultat din instalaţiile de denitrificare.

Timpul de staţionare în zona de anaerobioză: acest timp depinde de caracteristicile efluentului, mai ales de consumul chimic de oxigen, de concentraţia oxigenului dizolvat şi de biodegradabilitatea materiei organice. Timpul de staţionare nu trebuie să fie nici prea lung (aportul de oxigen trebuie limitat) dar nici prea scurt (se reduce considerabil randamentul procesului, care în mod normal este de 50 – 60%). Timpul calculat pentru un debit optim este de 4 – 6 ore.

Volumul de nămol: metoda de defosfatare, aplicată corect, nu conduce la cantităţi prea mari de nămol biologic.

Fenomenul de relargare a fosforului

Eliminarea fosforului acumulat în faza de aerobioză (concentraţia medie a fosforului în biomasa este de 5%) se face prin separarea unei părţi din biomasa defosfatantă.

Este importantă evitarea relargării fosforului prin expunerea biomasei la condiţii de anaerobioză; aceasta se realizează printr-un tratament rapid al nămolului în aerobioză cu separarea acestuia direct în reactorul biologic.

Randamentul procesului de defosfatare, de 50 – 60 %, este departe de a fi satisfăcător; de aceea, adesea, este necesară cuplarea defosfatării biologice cu precipitarea chimică, care permite eliminarea restului de fosfor.

Purificarea apelor reziduale prin metode chimice

Purificarea chimică consta în "neutralizarea" substanţelor chimice conţinute în apele reziduale, mai ales în apele uzate industriale şi "denocivizarea" apelor puternic toxice prin tratare cu reactivi specifici.

Scanned with OKEN Scanner

Aceste operaţii se aplică la ieşirea apelor reziduale din procesul tehnologic pentru a nu perturba procesele biologice de purificare la care este supusă apa.

Neutralizarea apelor se realizează prin tratarea apei cu hidroxid de calciu pentru apele acide şi cu un acid pentru apele alcaline.

Denocivizarea apelor se bazează pe transformarea substanţelor poluante solubile şi foarte toxice în substanţe insolubile şi îndepărtarea lor ulterioară prin metodele clasice. Exemplu: apele reziduale de la fabrici de fibre sintetice, care conţin acid cianhidric sunt denocivizate prin tratare cu clor şi hidroxid de calciu conform reacţiilor:

$$HCN + C1_2 + H_2O \rightarrow HOCN + 2HC1$$
$$2HOCN + Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(OCN)_2 + 2H_2O$$

Cianatul de calciu, precipitat se depune în decantoare.

Metode chimice de eliminare a fosforului din apa reziduală

Reducerea concentraţiei ionilor fosfat se bazează pe reacţia de precipitare a acestora cu săruri de aluminiu, de fier sau cu hidroxid de calciu, conform reacţiilor:

$$Al^{3+} + PO4^{3-} \rightarrow AlPO_4$$
$$Fe^{3+} + PO4^{3-} \rightarrow FePO_4$$
$$3\,HPO4^{2-} + 5\,Ca^{2+} + 4\,HO^{-} \rightarrow Ca_5(OH)(PO_4)_3 + 3\,H_2O$$

Aceste reacţii permit, în prealabil, determinarea stoechiometrică a cantităţii de reactiv necesară pentru precipitarea chimică.

Trebuie să se ţină cont de "reacţiile parazite" care duc la consumul reactivilor adaugaţi de alte componente din apă; pentru a se asigura cantitatea de reactivi de precipitare necesară, raportul molar aluminiu/fosfor de precipitat trebuie să fie de 1,5.

În practică, precipitarea chimică este realizată la nivelul bazinului de purificare biologică, ca pre- sau co-precipitare; concentraţia finală de fosfat se reduce până la 2 mg/L. Realizată ca post-precipitare, deci după purificarea biologică, într-un proces complex de coagulare-floculare-decantare, operaţia asigură scăderea concentraţiei în fosfor până la 1 mg/L.

Precipitarea chimică a fosfaţilor prezintă avantajul că poate fi aplicată independent de purificarea biologică; nu este influenţată de variaţiile de temperatură.

Dezavantajul metodei constă în cantitatea mare de produs de precipitare (nămol) evaluată la 0,3 kg pentru fiecare kg de Fe^{3+} (clorură ferică) adăugat.

Scanned with OKEN Scanner

Purificarea prin sedimentare şi filtrare nu se poate aplica eficient apelor reziduale cu un conţinut ridicat de detergenţi, dintre care unii greu biodegradabili.

Pentru îndepărtarea lor se provoacă o spumare intensă prin barbotarea unui curent de aer. Spuma se colectează, dar aceasta constituie un nou factor de impurificare a mediului, deoarece îndepărtarea totală a acesteia este dificilă. Detergenţii pot fi reţinuţi pe cărbune activ, hidroxid de fier sau hidroxid de aluminiu.

Eficienţa purificării apelor uzate poate fi mult îmbunătăţită prin asocierea metodelor fizice cu cele chimice.

Decontaminarea radioactivă a apelor reziduale

Substanţele radioactive care poluează apele nu se supun procesului de autopurificare. Transformările suferite de substanţele radioactive sunt dependente de perioada de înjumătăţire, care pentru majoritatea radionuclizilor evidenţiaţi în apă este lungă.

Pe parcursul unui râu poluat cu deşeuri radioactive concentraţia acestora se reduce prin diluare, prin sedimentare o dată cu alţi poluanţi aflaţi în suspensie sau în urma absorbţiei substanţelor radioactive de către organismele acvatice.

Prin aceste procese nu se reduce cantitatea de poluanţi radioactivi din apă, ci se realizează un transfer al poluanţilor radioactivi din apă în alt element de mediu.

Randamentul decontaminării radioactive a apei creşte prin filtrarea apei prin gips sau prin bentonită, urmată de fluorizarea apei.

1.10.5. Dezinfecţia apelor reziduale

Purificarea apelor reziduale prin metodele fizice, biologice şi chimice prezentată anterior, micşorează numărul de germeni microbieni patogeni, dar îndepărtarea totală a acestora se face numai printr-un proces de dezinfecţie.

În mod obişnuit, dezinfecţia apelor reziduale se realizează cu clor gazos, după aceleaşi tehnici ca şi în cazul apei potabile. Doza de clor folosită depinde de eficienţa proceselor de purificare la care apa a fost supusă anterior dezinfecţiei. Astfel, apa nepurificată necesită 20-30 mg Cl_2/dm^3, după purificarea prin metode fizice se adaugă 15-20 mg Cl_2/dm^3, după purificarea biologică 10-15 mg Cl_2/dm^3, iar în cazul purificării prin nămol activat numai 1-5 mg/dm^3. Timpul de contact al clorului cu apa trebuie să fie de minimum 30 de minute.

Aprecierea eficienţei procesului de dezinfecţie se realizează prin controlul clorului rezidual liber, a cărui concentraţie este limitată la valoarea de 0,5 mg/dm^3. Concentraţia este limitată datorită efectului toxic exercitat de clor asupra organismelor biologice din bazinul receptor. În scopul protecţiei apei receptoare, prevederile igienico-sanitare impun ca valoarea

Scanned with OKEN Scanner

clorului rezidual să fie astfel stabilită, încât să nu mai fie prezent în apa receptorului după 5 minute de la amestecul apei acestuia cu efluentul rezidual.

Dezinfecţia apelor reziduale este obligatorie mai ales pentru apele provenite din spitale, laboratoare de microbiologie etc. Aceste ape trebuie dezinfectate înainte de colectarea lor în reţeaua de canalizare a localităţii, dacă unităţile care le produc nu au staţii de tratare proprii.

1.10.6. Deversarea efluenţilor reziduali

Îndepărtarea efluenţilor reziduali după dezinfecţie se face aproape întotdeauna în apele de suprafaţă. Condiţia principală pentru deversarea efluenţilor reziduali în apele receptoare este protejarea capacităţii de autopurificare a receptorului. Este necesar ca înainte de deversare, să se cunoască foarte exact caracteristicile efluentului rezidual şi ale apei primitoare pentru a se aprecia măsura în care deversarea este compatibilă cu păstrarea caracteristicilor cerute receptorului.

Pentru efluentul rezidual trebuie cunoscute: volumul total pe 24 de ore, ritmul de eliminare, caracteristicle fizico-chimice: pH, suspensii, substanţe oxidabile, consum biochimic de oxigen, gradul de stabilitate chimică a apelor uzate.

Pentru bazinul receptor trebuie cunoscute: debitul şi viteza de curgere a apei şi utilizarea (folosinţa) apei receptoare după ce a primit efluentul rezidual.

1.11. Calitatea apei şi patologia umană

Cantitatea mare de apă folosită în comun de populaţia unei localităţi explică de ce, în cazul în care este impurificată, apa constituie un important factor de risc pentru sănătatea consumatorului.

Alterarea stării de sănătate a populaţiei datorită consumului de apă potabilă se poate datora proprietăţilor organoleptice şi compoziţiei chimice particulare sau prezenţei unor agenţi biologici patogeni sau condiţionat patogeni.

Bolile provocate sau favorizate de apa consumată (patologia hidrică) afectează, în general, un număr mare de persoane, uneori îmbrăcând caracterul unor boli cu extindere în masă.

Patologia hidrică poate fi determinată de compoziţia chimică a apei (patologie hidrică de natură chimică, neinfecţioasă) sau de flora microbiană patogenă (patologia infecţioasă).

1.11.1. Patologia hidrică neinfecţioasă

Datorită modificărilor compoziţiei chimice a apei există posibilitatea apariţiei, la consumator, a unor afecţiuni favorizate de excesul sau de carenţa unuia sau mai multor elemente chimice din apă.

Scanned with OKEN Scanner

În compoziţia apei intră un mare număr de substanţe minerale, prezente în acelaşi timp şi în organele şi ţesuturile organismului uman; de aceea, s-a putut stabili o relaţie între substanţele minerale din apă şi cele din organism în sensul ca atât excesul cât şi carenţa unora dintre acestea în apa potabilă se răsfrânge asupra concentraţiei acelorăşi substanţe în organismul uman.

Deşi, în general, aportul de elemente minerale necesare organismului este asigurat prin alimente şi numai într-o mică măsură prin apă, variaţia concentraţiei hidrice a acestora poate influenţa puternic organismul uman.

Acţiunea fiziologică şi fiziopatologică a elementelor minerale a făcut obiectul a numeroase studii experimentale şi epidemiologice care au demonstrat rolul şi locul acestora în organismul uman. Unele elemente minerale (bioelementele) iau parte activă la majoritatea proceselor metabolice, la creşterea şi dezvoltarea organismului, hematopoeză, procese imunitare şi la sinteza unor enzime şi hormoni.

Bioelementele şi patologia hidrică

Apa conţine un număr mare de substanţe minerale importante pentru fiziologia umană şi animală, participând la circuitul sol - apă - plante - animal - om; unele sunt prezente în elementele de mediu în concentraţii mari (macroelemente) sau mai mici (microelemente).

Grupa macroelementelor conţine substanţe a căror rol în fiziologia şi patologia umană sunt bine cunoscute (calciu, magneziu, sodiu, potasiu).

Rolul microelementelor (fluor, iod, crom, mangan, vanadiu, zinc, seleniu, cupru, cadmiu, cobalt) în organism are încă aspecte incomplet elucidate.

Oligoelementele sunt prezente în organism în concentraţii foarte mici (1/1.000 din greutatea corporală) şi, pentru a exercita numeroasele funcţii fiziologice, au nevoie de anumite concentraţii optime. În condiţii de aport insuficient sau excesiv pot apărea stări patologice.

Importanţa oligoelementelor pentru organism constă în faptul că acestea intervin (cel mai adesea drept catalizatori) în procesele biochimice vitale.

Nu toate oligoelementele prezente în organism au rol biologic cunoscut sau demonstrat.

De aceea, prin similitudine cu terminologia utilizată în cazul aminoacizilor şi a acizilor graşi, aceste elemente chimice, care în concentraţii foarte mici, exercită un efect biologic favorabil, au fost denumite oligominerale esenţiale.

În organism există şi oligominerale, a căror semnificaţie fiziologică nu a fost demonstrată (plumb, siliciu, germaniu) sau care exercită efecte toxice (plumb, mercur, cadmiu).

În general, pentru oligoelementele esenţiale provenite din mediu, organismul uman posedă mecanisme homeostatice eficiente, care asigură

Scanned with OKEN Scanner

menţinerea unei concentraţii tisulare optime şi îl protejează faţă de cantităţile excesive existente în mediu; pentru oligomineralele considerate neesenţiale organismul nu dispune de astfel de mecanisme ceea ce face ca în ţesuturi concentraţiile lor să se situeze la nivele diferite, uneori apropiate celor din elementele de mediu şi, nu de puţine ori, toxice.

Elementele minerale din categoria oligomineralelor esenţiale sunt: iodul, fluorul, vanadiul, cromul, manganul, fierul, cobaltul, nichelul, cuprul, molibdenul, zincul, siliciul, staniul, arsenul şi seleniul.

Aportul de iod şi guşa endemică

Apa potabilă, ca sursă de iod pentru organism, aduce doar 10-15% din necesarul zilnic al omului. Concentraţia iodului în apă reflectă concentraţia iodului din sol şi respectiv din alimentele cultivate pe acesta.

Apele marine conţin 17-50 mg I^-/L. Apele dulci sunt sărace în iod (0,2-2 mg/L).

Se apreciază că cea mai mare parte a surselor de apă potabilă de pe glob sunt sărace în iod. În ţara noastră peste 50% din sursele de apă conţin sub 5 µg I^-/L.

Iodul este singurul microelement integrat în structura unui hormon.

Concentraţia totală de iod în organism este de aproximativ 25 mg, în majoritate fiind concentrat în glanda tiroidă (15mg). În ţesuturile extra-tiroidiene (muşchi, ficat etc.) prezenţa iodului este foarte redusă.

Absorbţia iodului se face în tractul gastrointestinal (80-90%), mai ales sub formă de ioduri. Ajunge în sânge de unde este preluat de glanda tiroidă, unde se conjugă cu fracţiuni globulinice şi în final formează tiroxina, T4 hormonul activ al glandei tiroide. Prin deficit de iod, hormonii tiroidieni formaţi sunt insuficienţi (sunt în cantitate mică în circulaţie), se măreşte compensator volumul glandei tiroide, formându-se guşa de diferite stadii (de diferite mărimi).

Iodul necesar sintezei hormonilor tiroidieni poate fi insuficient prin aport exogen scăzut (apă şi alimente). Sursele de apă care conţin cantităţi de iod mai mici de 5 µg/L sunt considerate carenţate în iod, deci factori care favorizează apariţia guşei.

Guşa endemică este o afecţiune plurifactorială, în etiopatogenia căreia sunt implicaţi factori endogeni şi exogeni, printre care carenţa de iod este unul dintre cei mai importanţi.

Denumirea de guşa endemică se datoreşte unei răspândiri largi, în lume existând aproximativ 200.000.000 persoane afectate de guşă.

Prin introducerea profilaxiei iodate, incidenţa bolii este în medie de 47,1 %, iar în judeţul Iaşi valoarea medie este de 33,5 %.

Măsurile de profilaxie constau în normalizarea, prin diferite mijloace, a aportului de iod.

Metoda cea mai răspândită este adăugarea iodului în sarea de bucătărie sub formă de iodură de sodiu sau iodat de potasiu.

Scanned with OKEN Scanner

Sarea iodată trebuie să conţina 30 mg iod/kg de sare, respectiv 50,6 mg iodat de potasiul/kg de sare sau 39,2 iodura de potasiu/kg de sare. Se admite ca limita minimă un conţinut de 25 mg iod/kg de sare, respectiv 42 mg iodat de potasiu/kg de sare sau 32,5 mg iodura de potasiu/kg de sare, iar ca limită maxima un conţinut de 40 mg iod/kg sare, respectiv 67,2 mg iodat de potasiu/kg de sare sau 52 mg iodura de potasiu/kg de sare.

2) Aportul de fluor şi patologia umană

Fluorul este larg răspândit în natură (sol, apă, alimente), cel mai adesea sub formă de fluoruri minerale sau compuşi organici cu fluor.

Apa constituie o sursă esenţială de fluor pentru organism, deoarece absorbţia de către organism din apă este superioară celei din alimente.

Concentraţia de fluor din apă depinde de prezenţa acestuia în sol, gradul de solubilitate al fluorurilor etc. Apele de suprafaţă, dulci, conţin 0,01-0,3 mg/dm^3, apele subterane 0,1-2,5 mg F^-/L, uneori şi mai mult, iar apa de mare are o valoare medie de 1,3 mg/dm^3.

În ţara noastră apele sunt carenţate în fluor, peste 60% din sursele de apă având concentraţii sub 0,35 mg/dm^3. Un procent de 4% din apele din ţara noastră au valori de peste 1,5 mg F^-/dm^3.

Deşi fluorul are roluri multiple în organism, încadrarea acestuia între oligoelementele esenţiale este încă discutabilă.

Fluorul este preluat de organism din elementele de mediu (apă, aer, alimente). Rata de absorbţie este de 80-90% pentru compuşii solubili în apă (fluorura de sodiu) şi 50-70% pentru cei mai puţin solubili (fluorura de calciu, fluor legat organic).

Absorbţia fluorului poate fi micşorată de regimurile alimentare bogate în grăsimi (fluorul din lapte se absoarbe mai greu decât cel din apă) şi de unele săruri minerale (calciul, magneziul, aluminiul); ionii de cobalt favorizează absorbţia fluorului.

Procesul de absorbţie, distribuţie şi fixare în ţesuturi se face rapid, în câteva minute; 99% din fluorul pătruns în circulaţie se fixează pe ţesuturile dure (oase, dinţi) şi numai 1% în ţesuturile moi. În ţesuturile calcificate, fluorul se fixează mai ales în diafiza oaselor.

În dinte, mecanismul de reţinere este similar osului. Se fixează preponderent în email şi îndentină în cantităţi mai mari în straturile superficiale. Conţinutul fluorului în emailul dentar variază cu aportul exogen de fluor (900-1000 mg/kg în zonele unde apă este săracă în fluor şi 1500-2000 mg/kg în zonele în care apele sunt bogate în fluor). În dentina concentraţia este de 2-3 ori mai ridicată. Conţinutul crescut al fluorului în email este asociat cu rezistenţa la carie.

Caria dentară este o distrugere localizată şi progresivă a dinţilor, care debutează prin dizolvarea acidă a suprafeţei externe a dintelui.

Factorii implicaţi în apariţia cariei dentare sunt: aportul insuficient de fluor, alimentaţia deficitară în săruri de calciu şi fosfor, vitamine, consumul

Scanned with OKEN Scanner

exagerat de dulciuri, lipsa de igienă a cavităţii bucale etc. Dintre toţi aceşti factori, deficitul fluorului a permis cele mai bune corelaţii cu incidenţa cariei dentare.

Mecanismul acţiunii cariopreventive a fluorului este explicat astfel:

- prezenţa fluorului în cantitate optimă în organism favorizează transformarea hidroxi-apatitei în fluor-apatită care conferă rezistenţă crescută smalţului dentar;
- efectul bactericid al fluorului prin inhibarea metabolismului florei acidofile din cavitatea bucală;
- acţiunea antienzimatică a fluorului, oprind desfăşurarea proceselor cariogene la nivelul smalţului.

Deficitul în fluor al apei este factor favorizant al apariţiei cariei dentare; profilaxia acestei îmbolnăviri constă în normalizarea, până la concentraţii optime, a aportului de fluor în organism.

Aceasta se poate face prin fluorizarea apei - metoda cea mai frecvent utilizată şi cea mai avantajoasă, deoarece apa potabilă aduce organismului 35 - 75% din necesarul zilnic de fluor; apa potabilă este consumată în cantităţi relativ constante de toţi membrii colectivităţii (1,2-1,5 L/zi).

Dar şi consumarea apei cu un conţinut crescut de fluor exercită efecte nocive asupra organismului.

Intoxicaţia acută cu fluor prin intermediul apei potabile nu este cunoscută.

Intoxicaţia cronică, cunoscută sub numele de „fluoroză endemică", apare frecvent în teritoriile din zonele cu soluri bogate în fluor.

Primele manifestări de fluoroză endemică apar la concentraţii de fluor de peste 1,5-2 mg/L apă şi se localizează la nivelul dinţilor sub numele de fluoroză dentară: primii afectaţi sunt dinţii posteriori pe emailul cărora apar pete alb-opace, care trec prin diferite nuanţe de galben-brun până la negru în funcţie de gravitatea bolii. Dinţii devin cretoşi şi friabili; în formele grave se poate ajunge la edentare totală.

La concentraţii de fluor în apă care depăşesc 5 mg/dm^3 este afectat întregul schelet, boala fiind cunoscută sub numele de osteoscleroză, cu localizări mai evidente la nivelul coloanei vertebrale.

La concentraţii de peste 20 mg/dm^3 de fluor în apă apare osteoscleroza anchilozantă, în care este perturbată homeostazia calciului, apar deformări anchilozante şi frecvente fracturi spontane.

Reducerea conţinutului în fluor din apă este dificilă şi costisitoare. Pot fi aplicate metode bazate pe utilizarea cărbunelui activ, a aluminei activate, a sulfatului de aluminiu etc.

Cationii metalici şi bolile cardio vasculare (BCV)

Cationii metalici care fac parte din categoria oligoelementelor esenţiale (crom, mangan, vanadiu, zinc, seleniu, cupru, cadmiu, cobalt), împreună cu ionii de calciu şi magneziu (duritatea apei) constituie

Scanned with OKEN Scanner

mineralizarea apei, care, în ultimul timp este considerată factor de risc în etiopatogenia afecţiunilor cardiovasculare (BCV).

Aportul hidric fiind mai constant şi mai uşor de evaluat, oferind indicaţii indirecte şi asupra compoziţiei minerale a alimentelor, a permis efectuarea unor studii privind influenţa mineralizării apei asupra morbidităţii prin boli cardiovasculare.

Unele cercetări au confirmat existenţa unei corelaţii invers proporţionale între incidenţa şi mortalitatea prin BCV şi conţinutul apei potabile în substanţe minerale şi mai ales în calciu şi magneziu.

Altă categorie de cercetări susţin ipoteza conform căreia apele dure, intens mineralizate, conţin cantităţi mai mari de oligoelemente. Prin studii epidemiologice şi de laborator s-a constatat că, în condiţii de carenţă a unora dintre ele, se poate modifica balanţa minerală a organismului, cu implicaţii asupra aparatului circulator. Unele microelemente acţionează în condiţii de carenţă, altele în exces. Organizaţia Mondială a Sănătăţii încadrează unele elemente în categoria celor cu rol protector în BCV (crom, mangan, zinc, vanadiu, cupru, seleniu, cobalt), iar pe altele având doar un rol secundar (iodul, fluorul, litiul, molibdenul, fierul, siliciul). Astfel :

+ ▪ Cromul intervine activ în metabolismul lipidelor, împiedicând depozitarea lor în organe;

+ ▪ Manganul are efect lipotrop. Aportul exogen deficitar favorizează depunerea grăsimilor în ficat. Prin acţiunea sa hipocolesterolemiantă împiedică sau reduce modificările aterosclerotice la nivelul vaselor. Contribuie la transportul oxigenului la nivelul ţesuturilor şi organelor, inclusiv a miocardului;

+ ▪ Vanadiul, ca şi manganul, are rol în transportul oxigenului;

+ ▪ Zincul intervine în metabolismul lipidic, diminuând depozitarea acestora în ţesuturi;

▪ Seleniul în concentraţii deficitare favorizează apariţia bolilor cardiovasculare;

— ▪ Cuprul în exces este considerat factor aterogen prin modificarea metabolismului lipidic;

— ▪ Cadmiul, în concentraţii crescute, favorizează apariţia BCV. Fiind antagonist cu zincul şi seleniul, efectul exercitat depinde şi de prezenţa simultană în tubul digestiv.

Dintre substanţele minerale poluante care influenţează starea de sănătate a consumatorului, atunci când sunt prezente în concentraţii care depăşesc valorile admise în apă amintim: plumbul, mercurul, cadmiul, nitraţii etc.

Plumbul şi patologia umană

Plumbul este un cation metalic răspândit în toate elementele de mediu. Concentraţia naturală în apă variază între 1 şi 10 µg/L. În apele de suprafaţă, în funcţie de gradul de poluare concentraţia plumbului este cuprinsă între 1 şi 60 µg/L.

Scanned with OKEN Scanner

Plumbul se bioacumulează în organismele acvatice (zooplancton, moluşte, peşti); carnea de peşte provenit din ape intens poluate poate avea până la 2 mg Pb^{2+}/kg.

Poluarea apei potabile cu plumb poate avea loc datorită folosirii acestuia la fabricarea conductelor de apă şi căptuşirea interioară a rezervoarelor de apă. Când conductele sunt noi, plumbul poate fi antrenat în apă; în timp, se formează un strat protector, insolubil de carbonat de plumb, care împiedică trecerea în apă a ionilor de plumb.

* Apa cu pH acid, duritate scăzută şi exces de CO_2 liber (agresiv) poate dizolva stratul protector şi contribuie la antrenarea plumbului în apă.
* De asemenea, conductele din material plastic contribuie la îmbogăţirea apei în plumb prin prezenţa stearatului de plumb utilizat la fabricarea lor.

Pătrunderea plumbului în organism pe cale digestivă reprezintă un aport de 30% din plumbul depozitat de către organism. Absorbţia digestivă este de 5-10% din plumbul ingerat; la nivelul ficatului are loc procesul de detoxifiere.

Consumul de apă cu concentraţii crescute de Pb^{+2} (în limitele admise de legislaţia sanitară), timp îndelungat, poate provoca intoxicaţii cronice manifestate prin următoarele simptome: oboseală, paloare, anorexie, anemie, diaree sau constipaţie, dureri articulare sau musculare, insomnie, iritabilitate, tremurături, greaţă, gust metalic.

Mai frecvent, în cazul consumului apei cu concentraţii crescute de Pb, apare impregnarea intensă a organismului cu Pb; plumbemia normală este de 60 µg/mL ser, iar plumburia 120 µg/L urină.

Arsenul si patologia umană

Arsenul a fost semnalat în apă în concentraţii uneori semnificativ crescute faţă de normele admise. Pentru organismul uman, arsenul este mai toxic în formă trivalentă decât în stare pentavalentă şi în compuşi anorganici decât în formă organică. În forma metalică este puţin toxic. Totuşi, arsenul are şi un rol important în organism şi, de aceea nici absenţa totală nu este benefică. Unele săruri de arsen manifestă acţiune tonică, reconstituantă şi favorizează respiraţia. Odată absorbit, arsenul se comportă ca toxic celular şi vascular, acţionând cu precădere la nivelul capilarelor. O mare parte este reţinut în ficat şi în rinichi; după o perioadă de 10 -15 zile, arsenul se depozitează şi în oase, iar restul se elimină prin urină, în ritm lent. Aşa-numita "obişnuinţă" a organismului la ingestia de arsen nu mai rezistă criticilor, deoarece nu este vorba de creşterea toleranţei la acest element, ci de diminuarea treptată a absorbţiei intestinale prin impermealizarea mucoasei intestinale şi eliminarea arsenului aproape integral prin fecale.

Administrarea subcutanată a aceleiaşi cantităţi de arsen cu cea administrată prin ingeste în perioada de "obişnuinţă" a organismului provoacă moartea.

Scanned with OKEN Scanner

Arsenul ingerat poate provoca intoxicaţii acute sau hiperkeratoză, hiperpigmentaţie şi cancer al pielii. Intoxicaţii colective cu arsen s-au semnalat în Taiwan, Argentina şi Chile, în special în zone cu activitate vulcanică şi în Mexic şi Japonia din cauza impurificării apei potabile cu ape industriale conţinând arsen.

Consumarea apei bogate în arsen pe o lungă perioadă de timp antrenează o intoxicaţie cu arsen numită arsenicism. Numeroase surse de apă conţin o anumită cantitate de arsen şi se ştie că, în anumite zone, sunt prezente concentraţii naturale excesive.

Sărurile de arsen sunt prezente în toate apele dar, în general, în concentraţii foarte reduse. Cea mai mare parte a apelor din lume au concentraţii naturale de arsen de cel puţin 0.01mg/L. Intoxicaţia cu arsen, arsenicismul este cauzat de expunerea la arsenul din apa de băut pe o lungă perioadă de timp. El se poate datora absorbţiei arsenului prin alimentaţie sau prin aer. Căile de expunere multiple contribuie la o intoxicaţie cronică. Impurificarea apei cu arsen poate în egală măsură să se datoreze apelor reziduale industriale, cum ar fi cele provenite din exploataţiile miniere, purificarea metalelor şi din tratarea lemnului în construcţie.

Efectele asupra sănătăţii se manifestă în general târziu şi măsura de prevenire cea mai eficace este furnizarea apei pentru consum uman cu concentraţii de arsen care să nu depăşească limitele maxime fixate de legislaţia sanitară.

Arsenicismul este efectul intoxicaţiei cu arsen, în general pe o lungă perioadă de timp (între 5 şi 20 de ani). Consumul unei ape bogate în arsen pe o lungă perioadă de timp antrenează diferite efecte asupra sănătăţii, inclusiv probleme ale pielii (cum ar fi depigmentarea pielii, plăgi aspre pe faţa anterioară a mâinilor şi pe talpa piciorului), fenomene de carcinogeneză la nivel cutanat, al vezicii urinare, plămânilor şi rinichilor, boli ale vaselor sanguine de la nivelul membrelor inferioare şi chiar diabet, hipertensiune arterială şi alterarea funcţiei de reproducere.

Expunerea îndelungată la arsenul prezent în apa de băut a cauzat o boală gravă a vaselor sanguine care conduce la cangrenă, cunoscută sub numele de "picior negru". Această maladie a fost observată în diferite regiuni ale lumii şi s-ar părea că malnutriţia contribuie la apariţia sa. Studii făcute în mai multe ţări au arătat, de asemenea, că arsenul provoacă şi alte forme, mai puţin grave, ale unor maladii vasculare periferice. Absorbţia arsenului prin piele este minimă, deci spălatul pe mâini, baia, cu apă care conţine arsen nu reprezină un risc pentru sănătate. Malnutriţia poate agrava efectele arsenului asupra vaselor sanguine. Valoarea ghid a OMS-ului pentru arsenul din apa de băut este de 0.01mg/L. Aceasta cifră este limitantă prin dificultatea de măsurare a arsenului din apă.

Efectele tardive ale expunerii la arsen, sensibilizarea redusă a populaţiei în anumite comunităţi fac ca riscul pentru sănătate cauzat de

Scanned with OKEN Scanner

arsenul din apa potabilă să fie puţin cunoscut. În consecinţă, nu există o estimare a incidenţei acestei probleme în lume.

Măsura cea mai importantă de profilaxie, în comunităţile afectate este prevenirea oricărei noi expuneri la arsen prin aprovizionarea cu apă corespunzătoare calitativ. Soluţiile pe termen lung pentru prevenirea arsenicismului în zonele de risc constau în:

- utilizarea apei potabile captate din puţuri mai profunde care sunt adesea mai puţin impurificate;
- utilizarea unor sisteme de eliminare a arsenului din focare (în general pentru perioade mai scurte) şi înainte de distribuirea apei;
- analiza apei pentru concentraţiile de arsen şi informarea celor care o folosesc;
- supravegherea populaţiei pentru a detecta semne precoce de arsenicism - în general probleme cutanate, în regiunile în care se ştie că arsenul este prezent apă;
- educaţia sanitară a consumatorilor în ceea ce priveşte efectele arsenicismului asupra organismului şi modalitatea de a le evita.

Mercurul şi patologia hidrică

Cea mai mare parte din mercur este adus în organismul uman pe cale digestivă. În mod normal, concentraţia mercurului în apă este mai mică de 0,1 µg/L; în apele poluate concentraţiile pot ajunge la 50 µg/L.

Mercurul din apă, indiferent de forma lui, este transformat de către microorganisme în compuşi alchil-mercurici, compuşi organici mai toxici care se concentrează în lanţul trofic, prin proces de bioacumulare, astfel încât, în peşti şi în moluşte, apar cantităţi de 100-1000 ori mai mari ca în apă.

Mercurul metalic pătruns în organism pe cale digestivă este absorbit doar în proporţie de 2%.

Compuşii organici (alchil-mercurici) sunt absorbiţi în proporţie de 50-95%. Ajunşi în sânge, compuşii organici sunt reţinuţi în ţesuturi (mai ales în creier) în concentraţii care pot provoca intoxicaţii acute sau cronice.

În intoxicaţiile acute, manifestările clinice indică afectarea sistemului nervos (ataxie, dizartrie, hipoacuzie, tremurături, tulburări vizuale, tulburări vegetative).

Cercetări recente consideră mercurul factor de risc în bolile cardiovasculare, neoplazice, inhibitor al activităţii imunitare specifice şi nespecifice, accelerator al procesului de îmbătrânire.

Cadmiul şi patologia hidrică

Alături de plumb şi de mercur, cadmiul este considerat un poluant metalic major al elementelor de mediu.

În apa potabilă cadmiul este prezent în concentraţii de 1 µg/L; apele poluate pot conţine până la 0,1 mg/L.

Cadmiul ingerat este absorbit în proporţie de 5-10% şi se acumulează în rinichi şi în ficat, legat de o proteină specifică.

Scanned with OKEN Scanner

Intoxicaţii acute pe cale digestivă apar foarte rar, dar şi atunci apa are rol indirect (apă cu 4-240 mg Cd^{2+}/L a fost utilizată pentru irigarea orezului în care s-a acumulat în concentraţie de 0,3-3,4 mg Cd/kg; în 1962, în Japonia consumul de orez conţinând cantităţi crescute de cadmiu a provocat boala "Itai-Itai", manifestată prin dureri abdominale, lombare, articulare şi o mare friabilitate a oaselor).

Intoxicaţia cronică apare prin consum îndelungat de apă sau alimente cu concentraţii crescute de cadmiu.

Substanţele radioactive şi patologia umană

Calitatea apei poate fi influenţată şi de prezenţa substanţelor radioactive. Radioactivitatea apei poate fi de proveniență naturală sau artificială.

Radioactivitatea naturală se datoreşte prezenţei elementelor radioactive (potasiu, uraniu, thoriu, cadmiu) în solurile pe care apa le traversează. De obicei radioactivitatea naturală are valori scăzute în apă şi nu prezintă un pericol pentru sănătatea populaţiei.

Radioactivitatea artificială este datorată prezenţei în apă a substanţelor radioactive utilizate în activitatea economică, de cercetare şi în medicină. Poluarea radioactivă a apei se produce prin deversări de ape uzate conţinând substanţe radioactive sau prin căderi radioactive din atmosfera impurificată.

Procesul de autopurificare al apelor conţinând substanţe radioactive este puţin eficient întrucât singurii factori care intervin sunt diluţia, sedimentarea şi timpul de înjumătăţire al radionuclizilor.

Radionuclizii din apele de suprafaţă, dizolvaţi sau în suspensie, se depun şi emit permanent radiaţii: fenomenul este cunoscut sub numele de „radiaţie secundară".

Poluarea radioactivă a apei nu modifică proprietăţile senzoriale ale acesteia şi de aceea nu poate fi percepută de consumatori.

Substanţele radioactive au capacitatea de a se concentra în lanţul trofic din sursele de apă - plancton, peşti, raci, stridii.

Iradierea pe cale hidrică este riscantă, aceasta fiind o iradiere internă prin emisiuni alfa şi beta provenite din substanţele radioactive aduse de apă şi încorporate în organism.

Efectele produse depind de proprietăţile fizico-chimice ale radionuclidului (tip de radiaţii, timp de înjumătăţire fizică şi biologică), dar şi de concentraţie, timp de expunere etc.

Prin consumul de către populaţie a apei contaminate radioactiv creşte riscul oncogen, teratogen şi mutagen; aceste efecte apar după o lungă perioadă de latenţă.

Methemoglobinemia

Apa conţine cantităţi mici de nitraţi proveniţi din procesul de mineralizare al substanţelor organice din apă (autopurificarea apei).

Scanned with OKEN Scanner

Cantităţile mari de nitraţi care pot fi prezente uneori în apă, pot proveni din:

- antrenarea din soluri bogate în compuşi azotaţi;
- impurificarea intensă a apei cu substanţe organice, care prin autopurificare, formează cantităţi mari de nitraţi;
- antrenarea de pe sol a îngrăşămintelor pe bază de azot.

Consumarea apei cu nitraţi în concentraţii mari produce intoxicaţia cu nitraţi cunoscută sub numele de methemoglobinemie.

Methemoglobinemia este caracterizată prin capacitatea redusă a sângelui de a transporta oxigenul, ceea ce conduce la diminuarea nivelului hemoglobinei normale.

Mecanismul de formare a methemoglobinei are la bază transformarea nitraţilor în nitriţi. În mod normal, la omul sănătos, nitraţii proveniţi din apă sau alimente au efect toxic redus. Sunt resorbiţi în partea superioară a intestinului, de obicei săracă în floră microbiană. Dacă, în zona de absorbţie există flora microbiană, pH-ul creşte la valoarea la care bacteriile nitrat-reducătoare pot transformă nitraţii în nitriţi.

Nitriţii, ajunşi în circulaţia generală, se combină cu hemoglobina pe care o transformă în methemoglobină, blocându-se astfel transportul de oxigen tisular (Fe^{2+} trece în Fe^{3+}), iar oxigenul nu mai poate fi eliberat la nivelul ţesuturilor. Incidenţa intoxicaţiei se manifestă la noul născut aparent în bună stare de sănătate, dar la care apar semne de cianoză în jurul buzelor, la nivelul extremităţilor, motiv pentru care boala este numită "sindromul copil albastru„ sau „boala albastră".

Sindromul methemoglobinic se manifesta prin cianoza feţei şi a extremităţilor, dispnee, tahicardie, agitaţie, convulsii, vomismente, diaree sau constipaţie. În cazuri grave apare letargia marcantă, salivaţie abundentă, pierderea cunoştinţei, crize convulsive şi chiar deces.

Methemoglobinemia are incidenţă crescută la copii, la grupa de vârstă 0-1 an, cu alimentaţie artificială, deoarece:

- aciditatea sucului gastric este mai scăzută în primele luni de viaţă;
- hemoglobina sugarului este mai disponibilă de a se transforma în methemoglobină;
- ingestia de apă este de aproximativ 12 ori mai mare (raportat la greutatea corporală), comparativ cu adultul.

Malnutriţia şi bolile infecţioase asociate consumului de apă conţinând nitraţi cresc riscul apariţiei methemoglobinemiei.

Aportul continuu de nitraţi prin apă produce intoxicaţia cronică a organismului copilului la care methemoglobina este prezentă permanent (5-10%), fără a produce simptome clinice evidente.

Conţinutul crescut de nitraţi în apă reprezintă factor de risc şi pentru persoanele de vârstă înaintată (la care aciditatea gastrică este mult scăzută), pentru adulţii cu predispoziţie ereditară, pentru persoanele cu ulcer peptic sau cu gastrită cronică şi pentru pacienţii sub dializă.

Scanned with OKEN Scanner

Incidenţa methemoglobinemiei la nivel mondial, în ţările dezvoltate, este redusă; cazuri izolate sunt semnalate în mediul rural.

În ţările slab dezvoltate, unde aprovizionarea cu apă din surse strict supravegheate este deficitară, au loc mai des intoxicaţii cu nitraţi sau cu nitriţi, şi chiar decese.

Alături de substanţele minerale, în apă pot există, ca poluanţi, diferite substanţe organice cu efecte toxice: substanţe cancerigene de tipul compuşi N-nitrozo, hidrocarburi policiclice aromatice, compuşi halogenaţi, detergenţi, pesticide etc.

Substanţe cancerigene

Apa potabilă poate conţine substanţe care exercită asupra organismului efecte cancerigene. Aceste substanţe sunt diferite atât în ceea ce priveşte natura cât şi concentraţia lor. Unele dintre ele au efecte cancerigene foarte puternice inducând patologii neoplazice, în concentraţii mici, în care de obicei acestea se găsesc în apă. Cele mai des întâlnite sunt:

- hidrocarburile policiclice aromatice (HPA);
- compuşii N-nitrozo;
- trihalometanii.

Hidrocarburi policiclice aromatice (HPA)

În apă sunt mai frecvent prezenţi 3,4-benzpirenul; 1,2,5,6-di-benzantracenul; 7,12-metil benzantracenul; 20-metil colantrenul, proveniţi prin impurificarea cu ape reziduale comunale şi industriale care conţin HPA în concentraţii cuprinse între 1 şi 50 mg/m^3.

HPA sunt fixate de particulele insolubile, concentraţia acestora crescând o data cu turbiditatea apei.

HPA se concentrează cu uşurinţă în organismele acvatice (plancton, moluşte, peşti) care constituie alimente pentru om; stridiile recoltate din ape intens poluate pot conţine până la 1 mg HPA/kg.

Prelucrarea apei în scop potabil nu asigură îndepărtarea totală a acestor substanţe.

Compuşi N-nitrozo

Principalii compuşi N-nitrozo prezenţi în apă sunt nitrozaminele (R-NH-N=O) şi nitrozamidele (R-NH-NO-CO-NH$_2$).

Efectul nociv al acestor substanţe se datoreşte răspândirii mari în elementele de mediu şi toxicităţii crescute (prezintă acţiune cancerigenă, mutagenă, teratogenă).

Sinteză compuşilor N-nitrozo poate avea loc din precursorii prezenţi în apă, nitraţi şi nitriţi, precum şi amine secundare şi terţiare sau alţi compuşi cu azot.

Dar, sinteză compuşilor N-nitrozo poate avea loc şi *în vivo* din nitraţii şi nitriţii aduşi pe cale hidrică sau alimentară şi aminele prezente în tubul digestiv, unele medicamente etc.

Scanned with OKEN Scanner

Trihalometani

Trihalometanii (THM) sunt un grup de compuşi care se formează prin reacţia între clorul utilizat pentru dezinfecţia apei şi materiile organice, acizi humici şi fulvici prezenţi în mod natural în apă. Dezinfecţia este fundamentală pentru protejarea apei potabile. Riscurile pentru sănătate, consecutive clorinării apei, prin subprodusii de reacţie - trihalometanii sunt cu mult mai mici decât cele la care este supus consumatorul care ar consuma apă nesupusă dezinfecţiei.

Ca structură chimică, trihalometanii sunt compuşi cu un singur atom de carbon legat de atomi de halogen, cu formula generală CHX_3; X este în general clorul, dar poate fi bromul sau ambele elemente. Trihalometanii prezenţi curent în apa potabilă sunt cloroformul ($CHCl_3$), brom-diclormetanul-BDCM ($CHBrCl_2$), dibrom-clormetanul - DBCM ($CHBr_2Cl$) şi bromoformul ($CHBr_3$). Cantitativ, cloroformul reprezintă 90% din totalitatea THM, dar această proporţie variază semnificativ în funcţie de conţinutul apei brute în bromuri şi cu pH-ul apei. Trihalometanii sunt substanţe lichide la temperatura obişnuită. În aer se descompun prin reacţii de fotooxidare; cloroformul se transformă în diclorocarbonil (fosgen) şi acid clorhidric. Timpul de înjumătăţire este de 26 - 260 de zile pentru cloroform şi de aproximativ 60 de zile pentru trihalometanii care conţin brom.

THM reprezintă doar o fracţiune din compuşii care se pot formă în timpul clorinării apei. Printre alţi subproduşi susceptibili de a se formă s-au identificat compuşi de halogenare ai acidului acetic, ai unor aldehide şi cetone, ai nitrometanului (triclornitrometan), 3-clor-4-(diclormetil)-5-hidroxi-2(%H)-furanonă, compus prezentat la dezinfecţia apei şi denumit substanţa MX.

Concentraţia THM şi a altor subproduşi ai clorinării poate fi variabilă; cele mai mari concentraţii sunt prezente în apele potabile provenite din ape de suprafaţă bogate în materii organice; apa potabilă obţinută prin prelucrarea apelor subterane este mult mai săracă în THM. Printre parametrii care influenţează cantitatea de THM, unii se referă la calitatea apei (cantitatea de substanţe organice - carbon organic total - (COT), conţinutul în bromuri, în amoniac, pH-ul, alcalinitatea, temperatura) şi alţii la procesul propriu-zis de tratare (doza şi tipul substanţei utilizate pentru dezinfecţia apei, timpul de contact). De asemenea, condiţiile mediului exterior modifică semnificativ concentraţiile THM în apa potabilă; astfel, anotimpul călduros favorizează formarea THM în concentraţii mari, iar temperaturile scăzute conduc la cantităţi reduse de subproduşi de clorinare (vara, cantitatea de THM este de 2 ori mai mare ca iarna, datorită cantităţilor de precursori organici mai mari în apa netratată, la temperaturi ambiante mai mari. Şi natura materiilor organice prezente în apă este responsabilă de tipul şi concentraţia THM formaţi. S-a constatat că, la nivelul reţelei de distribuţie, cantitatea de THM creşte pe măsură ce apa se îndepărtează de uzina de prelucrare, datorită prezenţei permanente a clorului rezidual liber. Cele mai mari concentraţii de THM sunt la

Scanned with OKEN Scanner

capetele reţelei; acest fenomen s-ar explica şi prin reacţia clorului rezidual liber cu pelicula biologică fixată pe pereţii conductelor de apă.

Simultan cu creşterea conţinutului în THM la capetele reţelei, explicată şi prin prelungirea timpului de staţionare la acest nivel, are loc scăderea concentraţiei în acid acetic halogenat (datorată, probabil unor procese de degradare de natură microbiologică). Conţinutul apei în THM poate creşte şi prin încălzirea apei în gospodărie.

Determinări ale conţinutului în THM total, efectuate în Canada în perioada 1993-1999 au evidenţiat o mare variabilitate: între 0,05 şi 683 µg/L. În general, reţelele de distribuţie mai susceptibile de a conduce la concentraţii de THM care depăşesc limitele admise pentru apă potabilă sunt cele de mici dimensiuni, care furnizează apă potabilă clorinată fără alte tratamente prealabile. În anotimpul cald, concentraţiile în THM, pentru reţelele de capacitate redusă pot ajunge curent la 120µg/L. În aceeaşi perioadă (1993-1999) concentraţiile în acizi halogeno-acetici determinate au fost cuprinse între 3 şi 742 µg/L. Concentraţiile medii de BDCM şi de DBCM determinate au fost de 10 µg/L dar au fost şi reţele de distribuţie în care s-au determinat concentraţii mai mari de 200 µg/L BDCM. Bromoformul nu depăşeşte ca valoare medie concentraţia de 0,5 µg/L; valorile individuale nu ating, în general, 10 µg/L dar au fost găsite şi concentraţii care depăşesc 30 µg/L.

Principala sursă de expunere a populaţiei la THM este apa consumată ca apă potabilă, dar şi în scopuri (pregătirea hranei, spălatul rufelor, igiena individuală). S-a demonstrat că folosirea agenţilor de albire pe bază de clor la spălatul rufelor favorizează formarea cloroformului şi constituie o sursă importantă de expunere la subproduşi de clorinare. De asemenea, consumul de băuturi răcoritoare preparate cu apă clorinată constituie o altă sursă de expunere a organismului la trihalometanii. Nu trebuie neglijată expunerea prin practicarea înotului în bazine în care apa este supusă dezinfecţiei cu clor.

Ingestia reprezintă principala cale de absorbţie pentru THM conţinuţi în apa de robinet; utilizarea apei în scopuri casnice, mai ales pentru igiena individuală (duş, baie) contribuie la absorbţia THM prin inhalare sau pe cale cutanată. Pentru a se evalua importanţa expunerii la cloroform şi BDCM prin inhalare şi absorbţie cutanată s-a calculat un factor de modificare pentru fiecare compus, exprimat în litri echivalent/zi (LEg/zi). Pentru expunerea prin inhalare şi calea cutanată (duş timp de 10 minute, baie 30 de minute) la apă de robinet care conţine 5µg/L cloroform şi, respectiv BDCM, valorile LEg/zi sunt concordante cu timpul de expunere. Astfel, pentru expunerea în timpul unei băi de 30 minute valoarea LEg/zi este 4,11 pentru cloroform şi 3,55 pentru BDCM

O situaţie particulară este semnalată pentru baia în piscină sau în cuvele termale; la persoanele care folosesc piscinele interioare, concentraţiile cloroformului în plasmă cresc proporţional cu timpul de expunere şi sunt corelate cu cantitatea de cloroform din aerul încăperii. Expunerea prin inhalare, în aceste condiţii, pare mai importantă decât calea cutanată. Expunerea pe

Scanned with OKEN Scanner

cale cutanată este mai importantă la utilizatorii de cuve termale, deoarece, în aceste situaţii, temperatura apei este mai ridicată.

Pentru concentraţii de cloroform în apă mai mici de 50 µg/L, absorbţia prin inhalare sau contact cutanat, în timpul unui duş de 10 minute este egală sau superioară absorbţiei prin ingestia unui litru de apă clorinată.

Din punct de vedere toxicologic, chiar dacă dozele absorbite sunt echivalente, efectele nu sunt echivalente; THM absorbiţi prin ingestie sunt în bună parte metabolizaţi la nivelul primului pasaj hepatic, în timp ce absorbţia prin inhalare sau pe cale cutanată conduce toxicul direct în circulaţia sanguină. Pe de altă parte, inhalarea şi contactul cutanat nu sunt căi de absorbţie semnificative pentru toţi subprodusii procesului de clorinare a apei. Spre exemplu, acizii halogenoacetici nu sunt volatili şi posedă un slab coeficient de permeabilitate la nivel cutanat. Pentru substanţele din această categorie, ingestia de apă potabilă rămâne principala sursă de expunere.

Alături de apa potabilă, unele alimente şi băuturi pot conţine THM şi contribuie la nivelurile zilnice absorbite de om. Astfel, date recente confirmă că din 181 de alimente, pentru 131 s-au determinat concentraţii diferite de THM. Un număr de 12 dintre produsele testate conţin cantităţi care depăşesc 100 µg/kg (unt, margarină, materii grase şi ulei vegetal, cereale pentru copii, pizza, peşte de apă dulce sau de apă sărată, clătite, brânzeturi, carne de vită, covrigi). Cele mai mari concentraţii de cloroform sunt, adesea, determinate în produsele lactate (17µg/L - cloroform şi 1,2µg/L - BDCM).

Concentraţii mari (2 200 µg/kg cloroform şi 3µg/kg BDCM) au fost detectate în ţesutul adipos a 9 specii de peşti din regiunea apelor norvegiene poluate de efluenţii reziduali industriali dar şi de apele de şiroire. Bromoformul (115µg/kg) şi DBCM (9µg/kg) au fost determinaţi într-o singură probă.

Concentraţiile în THM în diferite băuturi gazoase, conţinând sau nu extracte de cola au variat între 3,2 şi 44,8 µg/L. Alte determinări, efectuate pentru băuturi gazoase preparate în USA, au evidenţiat concentraţii de 32 µg/L pentru cloroform şi de 1,0 µg/L pentru BDCM. S-a remarcat un conţinut de 10 ori mai mare în cloroform pentru băuturile cu cola, faţă de cele fără acest ingredient, chiar dacă sursa de apă potabilă pentru preparare era aceeaşi; aceasta s-ar putea datora metodei de obţinere a extractului de cola sau prezenţei caramelului.

De asemenea, unele obiecte şi produse casnice sau de birou (cerneală, materiale fotografice, cauciuc, lubrifianţi, adezivi, materiale electrice etc.) utilizate de om sunt surse de expunere la cloroform (10 µg/g în cerneala şi 0,1 - 10 µg/g în pelicula fotografică)

THM ingeraţi sunt absorbiţi la nivel gastro-intestinal. Datorită volatilităţii ridicate, cloroformul poate fi absorbit, în aceeaşi măsură, la nivel pulmonar. O mare parte din cantitatea de THM absorbită este depozitată în ţesutul adipos, în ficat şi în rinichi, o parte este eliminată nemodificată prin aerul expirat şi restul este oxidat la compuşi dihalogeno-carboxilici (fosgen, compuşi cloro-

Scanned with OKEN Scanner

bromo-carboxilaţi) foarte reactivi. Cercetări recente sugerează că aceşti compuşi dihalogeno-carboxilici ar fi responsabili de acţiunea toxică a THM.

Toxicitatea acută a THM la animalul de experienţă se manifestă prin depresia sistemului nervos central, prin tulburări cardiace şi alterarea funcţiei hepatice şi renale. Concentraţiile măsurabile ale THM în apa potabilă sunt mult mai mici decât cele care ar putea provoca intoxicaţii acute la om. Dintre compuşii individuali care intră în categoria THM, numai pentru bromoform (folosit în trecut ca sedativ antitusiv) a fost stabilită doza letală la copil - 300 mg/kg corp. Doza minimă care induce o sedare uşoară este de 54 mg/kg corp; această doză este de aproximativ 5000 de ori mai mică decât concentraţia THM în apă, la care populaţia este expusă.

Expunerea prelungită la doze mari de THM poate provoca efecte toxice la nivel hepatic şi renal. La animalul de experienţă aceste efecte pot fi observate la doze de ordinul mai multor mg/kg corp. Ţinând cont de concentraţiile, în general foarte scăzute ale THM în apă, este puţin probabil ca manifestări cronice să poată fi constatate la om.

În prezent, femeile însărcinate sunt considerate grupă de populaţie vulnerabilă la expunerea la THM; sunt semnalate posibile legături între THM şi afecţiuni ale mamei sau fătului (avort spontan, malformaţii congenitale, făt subponderal). Studiul experimental al acţiunii cancerigene globale a THM nu a condus la rezultate satisfăcătoare şi, de aceea, aprecierea carcinogenităţii subproduşilor de clorinare s-a realizat individual, insistându-se asupra cloroformului, compus prezent în concentraţii mai mari în apa tratată. În ansamblu, principalele tipuri de tumori observate la rozătoare (şoareci şi şobolani) expuse la THM sau acizi halogeno-acetici au fost cancerul de ficat, de rinichi şi de colon.

Studiile epidemiologice efectuate în scopul evaluării riscului de cancer la populaţia expusă la THM a evidenţiat incidenţa crescută a cancerului de vezică. Această situaţie a fost observată la populaţia expusă o mare perioadă de timp (peste 20 de ani). Datele privind incidenţa cancerului de colon şi de rect sunt contradictorii; se apreciază că THM pot fi consideraţi responsabili de un număr important dintre cazurile de cancer.

Astfel, Agenţia pentru Protecţia Mediului din Statele Unite (US EPA) estimează, pe bază datelor epidemiologice, că numărul de cazuri de cancer de vezică, atribuabile clorinării apei ar putea reprezenta între 2 şi 17% din cazurile noi apărute în fiecare an.

Subproduşii clorinării apei sunt, în egală măsură, asociaţi cu efectele mutagene. Numeroase studii au demonstrat că halogenoacizii, nevolatili formaţi în apă sunt responsabili de această acţiune. Numeroşi autori au pus în evidenţă legătura directă între concentraţia în compusul MX în apa de consum şi intensitatea acţiunii mutagene.

Scanned with OKEN Scanner

Detergenţii şi patologia hidrică

Detergenţii sau agenţii tensioactivi ajung în apele de suprafaţă prin deversarea apelor reziduale comunale şi industriale. În apele subterane ajung prin infiltrarea în sol a apelor de şiroire impurificate prin tratamentele fitosanitare cu pesticide administrate sub formă de emulsii sau soluţii, preparate cu ajutorul substanţelor tensioactive.

Agenţii tensioactivi pot ajunge în apa potabilă în concentraţii de 0,1-0,5 mg/L, iar în apele de suprafaţă au fost depistaţi în concentraţii de până la 1,2 mg/L.

Principala consecinţă a prezenţei detergenţilor în apă este modificarea proprietăţilor organoleptice şi fizico-chimice ale apei.

Concentraţiile de detergenţi care depăşesc 0,8-1µg/L produc spumarea; formarea spumei este favorizată de prezenţa concomitentă a sărurilor de calciu şi de magneziu şi a compuşilor organici biodegradabili.

Concentraţii de 2-3 mg/L conferă apei gust, miros şi culoare particulare.

Prezenţa substanţelor tensioactive în apa brută perturbă procesul de tratare al apei în scop potabil, mai ales în sectorul de sedimentare-coagulare-floculare şi filtrare.

Toxicitatea redusă a detergenţilor limitează riscul producerii intoxicaţiilor prin ingestia apei. Totuşi, prin capacitatea de a modifica tensiunea superficială, detergenţii pot modifica permeabilitatea mucoaselor tubului digestiv, care favorizează absorbţia în organism a unor substanţe poluante cu efecte cancerigene, toxice etc. Pentru unii compuşi pătrunşi în organism s-a semnalat acţiunea methemoglobinizantă şi alergizantă.

Pesticidele din apă şi patologia hidrică

Sub denumirea de pesticide sunt cunoscute un grup de substanţe chimice utilizate ca antidăunători în agricultură, zootehnie etc. Varietatea lor este deosebit de mare, atât din punct de vedere al mecanismului de acţiune, al căilor de pătrundere, al structurii chimice, cât şi al categoriilor de organisme asupra cărora acţionează.

În prezent, în lume, se sintetizează peste 90.000 tipuri de pesticide. Utilizarea lor, pe lângă efectele favorabile din domeniul producţiei agricole, a produs şi poluarea intensă a elementelor mediului ambiant, deci şi a apei.

Pesticidele sunt substanţe cu toxicitate diferită, dependentă de structura chimică. În ultimii ani, utilizarea pesticidelor a fost orientată spre categoriile de substanţe cu persistenţă limitată în elementele de mediu sau care se transformă în compuşi cu toxicitate mai redusă decât cei din care provin. Intensitatea poluării surselor de apă cu pesticide este variabilă. În apele subterane de adâncime concentraţia pesticidelor poate ajunge în jur de 1 µg/L, iar în cele freatice în concentraţii de până la 10 µg/L.

Scanned with OKEN Scanner

Efectele exercitate asupra organismului uman de ingestia de pesticide prezente în apă pot fi acute sau cronice.

Efectele acute se produc în condiţii accidentale, în episoade temporare de poluare intensă a apei cu pesticide organofosforice care inhibă colinesteraza, care nu mai poate hidroliza acetilcolina; în organism se acumulează acetilcolina care determină apariţia hiperexcitabilităţii la nivelul sistemului nervos parasimpatic şi central.

Efectele cronice pot apărea în condiţiile unui consum de apă potabilă cu concentraţii de pesticide organofosforice care nu duc la apariţia intoxicaţiei acute, dar produc scăderea colinesterazei cu până la 25-30%.

Efectele cronice sunt mai frecvente prin consumul de apă conţinând pesticide organoclorurate, compuşi liposolubili care se acumulează în ţesutul adipos al organismului. Proprietatea ţesutului adipos de a acumula pesticide organoclorurate, oferă posibilitatea de a evalua expunerea pe termen lung a unui individ sau a unei colectivităţi.

Efectele toxice produse de pesticidele organo-clorurate pot fi: neurotoxice, hepatotoxice, gonadotoxice, cancerigene etc.

1.11.2. Microbiologia apei

Contaminarea microbiană a apei este datorată prezenţei unor microoraganisme ca: virusuri, bacterii, protozoare, alge, fungi.
Chiar dacă aceste organisme acvatice nu sunt patogene, pot fi la originea unor îmbolnăviri de natură hidrică.

Virusuri

Dintre virusurile prezente în apă, îmbolnăviri de natură hidrică pot provoca: adenovirusurile, enterovirusurile şi virusul hepatitei A.

Adenovirusurile pot provoca infecţii ale căilor respiratorii superioare, afecţiuni oculare, manifestări de enterită, uneori cu implicarea sistemului nervos central. Transmiterea virusurilor poate avea loc în piscine prin apa contaminată.

Enterovirusurile şi virusul hepatitei A pot provoca infecţii intestinale, meningite şi respectiv, hepatite; tot din această categorie face parte virusul poliomelitei. Contaminarea apei potabile se produce în urma poluării cu ape reziduale comunale. Transmiterea virusurilor poate avea loc prin apa din piscine, prin consum de apă potabilă contaminată sau prin consum de moluşte care se dezvoltă în apă contaminată.

Bacterii

Dintre germenii microbieni prezenţi în apă, bacteriile heterotrofe aerobe şi facultativ anaerobe (BHAA) reprezintă o categorie importantă de bacterii care pot contamina apa. Acest grup cuprinde bacterii capabile să se dezvolte în prezenţa sau în absenţa oxigenului (facultativ sau strict anaerobe), pe medii simple conţinând o sursă de carbon (caracter heterotrof) la temperaturi şi

Scanned with OKEN Scanner

pentru perioade de timp nedefinite. Marea majoritate a BHAA care se găsesc în apă (*Achromobacter, Aeromonas, Bacillus, Clostridium, Corynebacterium. Klebsiella, Legionella, Mycobacterium, Proteus, Pseudomonas, Serratia, Xanthomonas*) sunt nepatogene; totuşi, unele specii pot fi oportunist patogene adică pot provoca infecţii bacteriene la persoanele cu sistemul imunitar deprimat.

Studiile epidemiologice care au urmărit să demonstreze o legătură între concentraţia BHAA în apă şi efectele asupra sănătăţii nu au condus la concluzii clare. Totuşi, mulţi autori au semnalat pericolul pentru sănătate datorat asocierii dintre BHAA şi bacterii potenţial patogene. Spre exemplu, *Pseudomonas aeruginosa* reprezintă o cauză importantă a infecţiilor nosocomiale, *Aeromonas* sp. este un gen susceptibil de a provoca diaree, iar *Legionella pneumophila* este responsabilă (prin inhalare, în timpul duşului) de legioneloză şi febră Pontiac. Alţi autori au demonstrat, pe bază unor studii citologice, că numai un procent de 1–3% dintre bacteriile din această categorie pot induce daune directe celulelor umane. Aceeaşi autori, apreciază că „riscul pentru sănătate legat direct de prezenţa BHAA în apa potabilă este slab sau absent pentru persoanele sănătoase; riscul există pentru copiii mici, pentru persoanele vârstnice şi pentru persoanele cu sistemul imunitar deprimat".

Estimarea densităţii acestor populaţii bacteriene permite aprecierea globală a salubrităţii apei, fără a se putea preciza sursa de contaminare; prezenţa lor în număr anormal de mare poate indica dificultăţi în procesul de tratare a apei sau de întreţinere inadecvată a reţelei de distribuţie. Reglementările OMS consideră ca anormal un număr care depăşeşte 500 de colonii/mL. Această valoare, a fost adoptată de Agenţia Americană pentru Protecţia Mediului (US EPA) în 2001, pe baza studiilor care au pus în evidenţă o interferenţă între creşterea numărului de colonii BHAA şi detecţia coliformilor totali pe membrană filtrantă de la 500 la 1000 colonii/mL. Acest criteriu nu se bazează pe existenţa riscurilor sanitare ci pe alterarea calităţii microbiene a apei potabile şi scoate în evidenţă dezavantajele utilizării metodelor clasice de detecţie a bacteriilor coliforme pe membrană filtrantă.

Bacteriile heterotrofe se pot multiplica în apa potabilă, în recipiente închise (apă îmbuteliată) sau în apă tratată, în care concentraţia clorului rezidual este necorespunzătoare. Numărarea coloniilor acestor bacterii poate servi la controlul eficienţei tratamentului aplicat în uzinele de apă şi ca indicator al prezenţei materiilor organice care favorizează multiplicarea bacteriană în conductele reţelei de distribuţie. Atâta timp cât apa dintr-o reţea de distribuţie, în care cantitatea de clor rezidual este corespunzătoare, conţine mai puţin de 500 colonii BHAA/mL este logic să se utilizeze acest parametru ca indicator general pentru calitatea microbiană a apei potabile.

Dintre bacteriile prezente în apă, pot fi responsabile de patologia hidrică infecţioasă: bacteriile coliforme, cianobacteriile, legionelele etc.

Scanned with OKEN Scanner

Coliformi totali

Coliformii totali sunt definiţi ca bacterii sub formă de bastonaş, aerobe sau facultativ anaerobe, care având enzima ß-galactozidază pot hidroliza lactoza la 35°C; formează colonii colorate în roşu cu reflexe metalice pe mediu de geloză. Principalele genuri incluse în această grupă sunt: *Citrobacter, Enterobacter, Escherichia, Klebsiella şi Serratia*. Practic, majoritatea acestor specii sunt nepatogene; excepţie fac *Escherichia coli* şi unele bacterii oportunist patogene.

Numărătoarea coliformilor totali se poate realiza prin numeroase metode; în prezent, cea mai utilizată este filtrarea pe membrană. Aceasta include o etapă prealabilă de identificare şi de numărare urmată de etapa de confirmare pentru a se evita interferenţele posibile cauzate de prezenţa bacteriilor heterotrofe.

Riscurile sanitare legate de prezenţa coliformilor totali în apa potabilă au făcut ca, până la sfârşitul secolului XIX, numărul acestora să fie utilizat ca indicator de poluare al apei. Prezenţa coliformilor totali în apa tratată, la valori care depăşesc normele de calitate nu implică obligatoriu un risc pentru sănătatea publică; de altfel, majoritatea speciilor din această grupă se regăsesc în mod natural în sol sau în vegetaţie. Unele specii care se întâlnesc rar în dejecţii (*Serratia fonticola*) se pot multiplica în apa de consum. Riscuri sanitare severe sunt legate direct de prezenţa în apă a unor suşe de *Escherichia coli* şi a unor bacterii oportunist patogene, care pot cauza îmbolnăviri grave la pacienţii imunodeprimaţi.

Ca regulă generală, prezenţa coliformilor totali în apa potabilă, reprezintă un indicator de risc neprecis; aceste bacterii pot creşte într-o reţea de distribuţie etanşă, ca şi într-o uzină de tratament al apei în scop potabil care funcţionează la parametri optimi. Dezvoltarea bacteriilor se produce obişnuit plecând de la un biofilm microbian care se formează pe pereţii conductelor (mai ales dacă clorul rezidual este insuficient). Pe de altă parte, este cunoscut faptul că microorganisme patogene (virusuri, paraziţi, bacterii) pot fi prezente în apa de distribuţie în absenţa coliformilor totali. Studii epidemiologice au evidenţiat corelaţii între prezenţa coliformilor totali şi apariţia unor epidemii de natură hidrică ca şi apa fără coliformi, suspectată a fi la originea unor probleme de natură gastro-enterică. Această ultimă situaţie a fost semnalată în USA, unde s-a demonstrat că totalitatea epidemiilor datorate protozoarelor din apă (*Cryptosporidium* sp. şi *Giardia* sp.) existente între 1975 şi 1989, s-au produs în condiţiile în care coliformii totali au fost foarte slab reprezentaţi. În aceste condiţii, în prezent, coliformii totali nu reprezintă indicatori optimi ai prezenţei agenţilor patogeni în apa de consum; ei sunt foarte utili ca indicatori ai eficienţei tratamentului apei, a integrităţii reţelei de distribuţie şi pentru evaluarea creşterii bacteriene după tratarea apei. După datele publicate în ultimii ani, coliformii fecali, *Escherichia coli* şi enterococii sunt indicatori de risc mai concludenţi.

Scanned with OKEN Scanner

Recomandările OMS asupra calităţii apei potabile tolerează prezenţa coliformilor totali la 5% din probele de apă potabilă (Tabel XII).

Coliformi fecali

Coliformii fecali sau coliformii termo-toleranţi reprezintă un subgrup din coliformii totali capabil să fermenteze lactoza la temperatura de 44,5°C.

Specia cel mai frecvent asociată acestui grup bacterian este *Escherichia coli* şi, într-o măsură mai mică, anumite specii din genurile *Citrobacter, Enterobacter* şi *Klebsiela*. Bacteria *Escherichia coli* reprezintă 80 - 90% dintre coliformii termotoleranţi detectaţi în apă. Deşi, prezenţa coliformilor fecali sugerează o contaminare fecală, mulţi germeni din această categorie au altă origine: ape reziduale bogate în materii organice provenite din industria alimentară, fabrici de celuloză etc. De aceea, este mai corectă denumirea de coliformi termotoleranţi decât cea de coliformi totali.

Interesul pentru detectarea acestor coliformi, ca organisme "indicator"- este justificat de faptul că, apariţia lor în mediu este echivalentă cu cea a bacteriilor patogene şi că densitatea lor este, în general, proporţională cu gradul de poluare cu ape reziduale comunale. De altfel, datorită faptului că aceste bacterii nu proliferează în reţeaua de distribuţie a apei potabile, sunt utilizate pentru verificarea etanşeităţii conductelor.

Detecţia coliformilor fecali în apa potabilă supusă procesului de dezinfecţie semnalează o contaminare de origine fecală cu microorganisme enteropatogene: salmonele, virusul Norwalk etc. Riscul este, în mod particular, legat de reţelele de apă de mici dimensiuni în care apa este supusă unui tratament minimal (clorinare simplă). În cazul reţelelor în care apa este supusă unui proces complex de tratare (coagulare-floculare, filtrare, dezinfecţie) majoritatea coliformilor fecali detectaţi aparţineau unei specii, alta decât *Escherichia coli*.

Escherichia coli

Genul *Escherichia* face parte din familia enterobacteriilor şi cuprinde 5 specii dintre care, una singură *Escherichia coli* este utilizată ca indicator al calităţii apei. Marea majoritate a suşelor de *Escherichia coli* nu sunt patogene, deoarece această bacterie se dezvoltă în mod natural în intestinul mamiferelor.

Printre coliformii fecali, *Escherichia coli* este singura, fără echivoc, de origine fecală şi este considerată organismul-indicator specific al unei poluări fecale. *Escherichia coli* poate supravieţui până la trei luni într-o apă naturală, netratată dar este foarte sensibilă la clorinare, fiind rapid inactivată de o concentraţie de clor rezidual liber de 0,2 mg/L. Bacteriile care n-au fost inactivate sau distruse prin clorinare sunt capabile să supravieţuiască în reţeaua de distribuţie timp de câteva zile, fără a putea prolifera.

Identificarea speciei microbiene *Escherichia coli* se poate realiza prin:

- repicarea coloniilor rezultate în urma testului de detecţie a coliformilor fecali;

Scanned with OKEN Scanner

- metoda directă, utilizând probe de apă, fără a trece prin etapa de cercetare a coliformilor totali sau a coliformilor fecali.

Detecţia *Escherichia coli* într-o apă tratată este un indicator clar al contaminării de origine fecală şi ne permite să presupunem că pot fi prezente şi alte microorganisme patogene.

Deşi, majoritatea suşelor de *Escherichia coli* nu sunt patogene, s-au pus în evidenţă patru grupe de suşe patogene: enteropatogene (EPEC), enterotoxigene (ETEC), enteroinvazive (EIEC) şi enterohemoragice (EHEC). Grupa suşelor enteropatogene este în mod normal responsabilă de diareea neonatală; grupa ETEC cuprinde suşe care afectează în mod particular persoanele care călătoresc şi consumă apă netratată, contaminată; grupa EIEC provoacă infecţii (dizenterii bacteriene) similare celor produse de *Shigella dysenteriae*.

Grupa EHEC produce infecţii caracterizate prin diareei sanguinolente, sindroame hemolitice şi uremice, insuficienţă renală acută (la aproximativ 5% dintre persoanele infectate).

Infecţii de natură hidrică atribuite suşelor patogene de *Escherichia coli* au fost semnalate episodic la persoanele care au consumat apă tratată în care concentraţia clorului rezidual era insuficientă.

Reglementările OMS asupra calităţii apei potabile, precizează că apa potabilă nu trebuie să conţină nici o bacterie *Escherichia coli* în condiţiile în care jumătate din probe sunt recoltate la capătul reţelei de distribuţie şi cealaltă jumătate pe parcursul aceleiaşi reţele.

Legionele

Legionelele *(Legionella pneumophila)* sunt bacterii prezente în mediul natural (apă, sol), unde sunt, în general inofensive pentru om. Dar, legionelele se pot dezvolta în instalaţii de aer condiţionat din locuinţe şi spaţii industriale. Dacă aceste bacterii sunt prezente în suspensii din aer, în asociere cu picături foarte mici de apă (de exemplu, expunere în timpul duşului), pot pătrunde în organism prin aerul inspirat şi sunt la originea unor îmbolnăviri. Aceste microorganisme sunt prezente frecvent în reţeaua de apă caldă (preferă temperaturi cuprinse între 25 şi 45°C) dar se pot dezvolta şi în reţeaua de apă rece a instalaţiilor de climatizare. Pot fi inactivate în câteva minute la temperaturi de 60 - 70°C.

În general, bacteriile sunt libere în aer la punctul de eliberare a apei (robinet, duş) şi în zona instalaţiilor de climatizare.

Legionelele sunt responsabile de două maladii ale aparatului respirator: febra Pontiac - benignă, cu vindecare spontană şi legioneloză - foarte gravă şi, uneori mortală.

Cianobacterii

Cianobacteriile, impropriu numite alge albastre, sunt organisme autotrofe care, ca şi algele sau plantele sintetizează zaharuri datorită unui aparat fotosintetizant utilizând dioxidul de carbon, lumina şi apa.

Scanned with OKEN Scanner

Principalele specii incluse în grupa cianobacteriilor sunt: *Microsystis aeruginoza, Nodularia spumegina, Aphanizomenon flos-aquae* şi *Oscillatoria agardhii.* Aceste organisme se acumulează uşor la suprafaţă apei unde formează „flori de apă" (înflorirea apelor - "bloom"; sunt puţin sensibile la lumină datorită unor pigmenţi rezistenţi la radiaţii solare puternice, dar supravieţuiesc şi la intensităţi luminoase reduse datorită unor pigmenţi clorofilieni care absorb întreg spectrul vizibil. Ca substrat nutritiv aceste bacterii utilizează azotul şi fosforul pentru care au o afinitate mai mare decât alte organisme şi de aici tendinţa de a domina mediile în care aceşti factori sunt limitanţi pentru alte specii.

Dezvoltarea cianobacteriilor în apele de suprafaţă prezintă numeroase inconveniente:

- în procesul de tratare al apei în scop potabil poate avea loc colmatarea sistemelor de filtrare, modificarea culorii şi mirosului apei (produşii de metabolism bacterian şi cianobacteriile moarte sunt utilizaţi de alte bacterii din apă), diminuarea concentraţiei în oxigen dizolvat etc.;
- cianobacteriile afectează direct sănătatea omului prin producerea (în 50–70 % din cazuri) unor molecule hepatotoxice, neurotoxice, dermatotoxice şi citotoxice. În mediu natural, speciile hepatotoxice sunt mai frecvente decât cele neurotoxice. Aceste toxine au efecte diferite în funcţie de modul expunerii (ingestie de apă potabilă sau contact cutanat) şi pot fi: iritaţii cutanate, cefalee, dureri musculare, apariţia unor vezicule în jurul gurii şi în jurul nasului şi chiar, atingere hepatică.

În prezent, nu sunt elaborate recomandări OMS pentru fiecare tip de toxină algală, datorită absenţei datelor toxicologice. OMS a definit un nivel de "*alertă sanitară moderată*" privind prezenţa cianobacteriilor în apă: numărul acestora nu trebuie să depăşească 10^5 celule/mL.

Directiva Europeană 98/83/CE /1998 (Tabel XII) menţionează un singur compus în relaţie cu cianobacteriile: microcistină-LR, hepatotoxină recunoscută drept cancerigenă, a cărei concentraţie maximă nu trebuie să depăşească 0,1µg/L. Dacă sunt prezente în concentraţii mai mari, în procesul de prelucrare a apei pentru consum uman, este practicată eliminarea cianobacteriilor şi eliminarea cianotoxinelor produse de acestea.

Protozoare

Dintre protozoarele prezente în apă, cu implicaţii în patologia hidrică infecţioasă se cunosc *Giardia lamblia* şi *Cryptosporidium parvum.*

Giardia lamblia

Giardia lamblia este un protozoar flagelat, care are nevoie obligatoriu de o gazdă intermediară pentru a-şi completa ciclul de viaţă, care cuprinde două forme:

Scanned with OKEN Scanner

- trofozoidul - formaţiune mobilă, cu numeroase filamente, neinfecţioasă, care nu poate supravieţui în afara gazdei, datorită marii sale fragilităţi;
- chistul - formaţiune de 8·14 μm - forma infecţioasă care poate supravieţui în condiţii nefavorabile de mediu.

Ciclul de viaţă începe prin infecţia gazdei în urma ingerării de chisturi aflate în alimente sau în apa contaminată, ca şi prin contactul dintre persoane pe cale aero-fecală. După dechistare în duoden, se produce eliberarea a 2 trofozoiţi care se fixează în vilozităţile intestinale. Trofozoidul se reproduce asexuat şi, printr-o diviziune primară, formează alţi doi trofozoizi. Migrând spre colon şi sub efectul sărurilor biliare, trofozoidul suferă schimbări structurale şi fiziologice importante, care permit formarea de chisturi. Aceştia ajung în mediu prin intermediul apelor reziduale comunale; sunt foarte rezistenţi şi capabili să infesteze alte gazde.

Spre deosebire de bacterii, paraziţii nu se pot multiplica în mediu de cultură, permiţând identificarea lor. În timp, au fost descoperite metode pentru colectarea şi apoi identificarea chisturilor de *Giardia.* Metoda de detectare şi identificare-numărare se bazează pe acelaşi princpiu: paraziţii dintr-un volum determinat de apă (1-1000 L) sunt concentraţi într-o picătură de apă care este examinată la microscop.

Ţinând cont de rezistenţa chisturilor de *Giardia* în diferite condiţii de mediu, nu este surprinzător să fie prezenţi aproape sistematic în apele naturale. Totuşi, apele subterane sunt mai puţin contaminate.

Durata relativ scurtă a fazei mature duce adesea la un diagnostic eronat, *Giardia* putând fi confundată cu enterita virală, dizenteria bacteriană, amibiaza sau cu o toxiinfecţie alimentară cauzată de bacterii. În mod diferit de criptosporidioze, giardiaza poate fi tratată prin administrarea de medicamente.

Persoanele imunodepresive sunt cele mai vulnerabile la infecţia cu *Giardia lamblia.* În ceea ce priveşte persoanele infectate cu HIV, se poate spune că ele nu par să manifeste simptome clinice mai severe, cu toate că persistenţa infecţiei este de o durată mai lungă. La copii, infecţia este cel mai des asimptomatică, iar forma cronică este rară.

Din cauza absorbţiei deficitare a principiilor nutritive, consecutivă infecţiei, se înregistrează o pierdere în greutate şi o întâziere a creşterii la un număr semnificativ de mare de copii infestaţi. S-a demonstrat că la copii nu există corelaţii între prezenţa chisturilor de *Giardia lamblia* în organism (persoană purtătoare) şi dimensiunile antropometrice ale individului sau simptomele gastrointestinale.

Frecvenţa protozoarului *Giardia* în celulele umane variază în general de la 2 la 7% în statele puternic dezvoltate economic, fapt explicat în parte prin investigaţii periodice, prin metode mai sensibile de diagnosticare.

Deşi ingestia de apă este principala cauză de apariţie a bolii, au fost raportate şi alte cauze:

Scanned with OKEN Scanner

- transmiterea de la persoană la persoană, la copii de vârste mici şi la cei care îi îngrijesc, în familie sau în colectivitate;
- călătorii în ţările endemice.

De asemenea, practicarea activităţilor în aer liber (drumeţii la munte, camping) care incită persoanele să bea apă de suprafaţă netratată contribuie la creşterea numărului de cazuri.

S-a observat că apa destinată consumului uman, tratată prin coagulare-floculare filtrare-dezinfecţie, conţine semnificativ mai puţini germeni decât cea care necesită numai clorinarea, ca metodă de purificare. Recomandările OMS privind calitatea apei potabile stipulează că apa destinată consumului uman trebuie să fie lipsită de organisme patogene, inclusiv paraziţi, dar prezenţa *Giardiei* nu este specificată explicit.

Cryptosporidium parvum

Criptosporidioza este o parazitoză responsabilă de numeroase maladii hidrice studiate începând cu anii '80. Deşi parazitul era cunoscut de la începuturile secolului XX, primele cazuri de îmbolnăvire la om au fost diagnosticate abia în anul 1976.

Specia exclusiv responsabilă de infecţia umană este *Cryptosporidium parvum,* protozoar prezent în apele uzate şi în apele de suprafaţă, sub formă de chisturi rezistente, cu dimensiuni variind de la 4 la 6 µm.

Acest protozoar flagelat are un ciclu de viaţă cuprinzând mai multe etape şi trecând de la forma viabilă numit trofozoid la formele rezistente.

Ciclul începe cu ingestia de către gazdă (om) a oochisturilor, care în organism se dechistează, eliberează sporozoidul care parazitează celulele epiteliale gastro-intestinale. Sporozoidul se maturizează în trofozoid, apoi în merozoid, care infestează alte celule epiteliale (etapa corespunde înmulţirii asexuate). Merozoizii iniţiază reproducerea sexuată, se formează gameţi care se transformă, în final, în ovochisturi; aceştia, foarte rezistenţi, sunt eliminaţi pe cale fecală şi sunt prezenţi în apele reziduale.

Simptomele unei infecţii cu *Cryptosporidium* sunt: dureri abdominale însoţite de vomă, febră şi diaree. În cazuri grave se produce o deshidratare care poate duce la deces; pentru pacienţii suferind de SIDA simptomele sunt mult mai severe.

Deoarece, ca şi *Giardia*, parazitul nu se dezvoltă în mediul de cultură, identificarea şi numărarea se realizează prin filtrarea apei printr-un cartuş cu dimensiunea porilor de 1µm, recuperarea oochisturilor, separarea imunomagnetică utilizând anticorpi anti-*Cryptosporidium*, colorarea cu anticorpi monoclonali fluorescenţi anti-*Cryptosporidium* şi examinarea fluorescenţei la microscop.

Criptosporidioza este prezentă ca maladie hidrică infecţioasă pe toate continentele, cu o incidenţă foarte variabilă. În America de Nord şi în Europa criptosporidioza este responsabilă de 2,2% (7% la copii). din cazurile de diaree la persoanele imunocompetente şi de 14% în cazul

Scanned with OKEN Scanner

persoanelor imunodeprimate. Transmiterea se face de la om la om pe cale oro-fecală; apa contaminată (consumată ca apă potabilă sau practicarea unor activităţi acvatice) reprezintă o sursă importantă de îmbolnăvire.

În general, prezenţa în apă a acestui microorganism nu reprezintă o preocupare importantă, cu atât mai mult cu cât riscul declanşării unei infecţii este relativ scăzut. Doza minimă de infectare care provoacă îmbolnăvirea la 50% din persoanele testate, DMI 50) este de 130 de germeni la persoanele imunocompetente şi mai scăzută la cele cu sistemul imunitar deprimat, la copii şi la persoanele vârstnice. Această valoare este corelată cu concentraţiile în general depistate în apele de suprafaţă; în apa brută, concentraţiile variază între 0,001 şi 100 chisturi de *C.parvum*/L.

Perioada de incubaţie este relativ scurtă, de la câteva zile la o săptămână. Contaminarea cu *Cryptosporidium parvum* poate să treacă neobservată la persoanele *rezistente.*

Directiva europeană 98/83/CE din 3 noiembrie 1998 nu menţionează în mod explicit acest microorganism în criteriile de potabilitate ale apei, din lipsa metodelor standardizate pentru detectarea şi identificarea prezenţei protozoarului *Criptosporidium parvum* în apă.

În cazul prezenţei unui chist la 100 mL apă trebuie *„iniţiată o anchetă pentru a aprecia gradul de risc pentru sănătatea consumatorilor"*.
Urmărirea turbidităţii apei tratate este o măsură de apreciere a calităţii apei.

Reglementările naţionale nu includ menţiuni privind prezenţa *Cryptosporidium* în apă. Excepţie face Marea Britanie, ţară în care limita impusă este de 1 chist /10 L de apă.

Pentru eliminarea *Cryptosporidium parvum* din apă se utilizează următoarele tehnici:

- tratarea convenţională a apei prin coagulare-floculare-decantare-filtrare"; rezultate foarte bune se obţin printr-o uşoară supradozare a coagulantului;
- oxidarea chimică cu dioxid de clor sau cu ozon (inactivarea chisturilor de protozoare cu dioxid de clor este mai eficientă decât la utilizarea clorului; concetraţiile necesare sunt reduse, iar timpul de expunere este mai scurt). Metoda nu se foloseşte în cazul prezenţei în apă a bromurilor datorită riscului formării bromaţilor, compuşi cancerigeni;
- filtrarea membranară (microfiltrare şi ultrafiltrare) reprezintă o barieră eficace împotriva protozoarelor; inconvenientul major este costul ridicat al procesului;
- expunerea la radiaţii UV pentru dezinfecţia apei conduce la rezultate promiţătoare.

1.11. 3. Patologia hidrică de natură infecţioasă

Pentru reţelele centrale de alimentare cu apă, exploatate în condiţii optime, organismele patogene din apă pot fi la originea unor gastroenterite care se dezvoltă până la nivelul de endemii. În ţările în care condiţiile

Scanned with OKEN Scanner

sanitare sunt îndoielnice, maladiile infecţioase de origine hidrică pot antrena epidemii, dintre care unele foarte grave: dizenteria, febra tifoidă, holera, hepatita etc.

Identificarea speciilor biologice prezente în apă este dificilă; în prezent, nu se cunosc metode universale pentru detecţia şi numărarea tuturor microorganismelor existente în apă.

Diversitatea microorganismelor, prezenţa aleatorie şi în număr mic în apă, face imposibilă, la un control de rutină, identificarea fiecărui tip.

Utilizarea de "*microorganisme – indicatori de contaminare fecală*" poate rezolva aceste neajunsuri. Aceste microorganisme sunt specifice florei intestinale umane şi animale şi prezenţa lor în apă indică existenţa poluării apei cu ape reziduale comunale şi implicit, a riscului potenţial pentru sănătatea consumatorilor.

Cei mai utilizaţi ca germeni test sunt:

- coliformii fecali (*Escherichia coli*) - germeni legaţi direct de o poluare fecală, dar nu permit aprecierea momentului contaminării şi evaluarea nivelului acesteia;
- enterococi - indicatori fiabili ai unei contaminări vechi, datorită rezistenţei crescute în mediu.

Transmiterea microorganismelor patogene prin apă sau prin intermediul alimentelor spălate cu apă contaminată reprezintă şi în prezent o importantă cale de a se produce îmbolnăviri.

Bolile infecţioase transmise prin apă pot avea mai multe forme de manifestare, în funcţie de numărul de îmbolnăviri, timpul şi modul de apariţie, agenţii cauzatori.

Se cunosc trei tipuri de îmbolnăviri: epidemia, endemia şi forma sporadică.

Epidemia este o maladie hidrică infecţioasă cu următoarele caracteristici:

- apare un număr mare de îmbolnăviri într-un interval scurt de timp (caracter exploziv);
- apare în zone delimitate teritorial, unde populaţia consumă apă din aceeaşi sursă;
- sunt afectate toate persoanele care consumă apă din sursa contaminată, indiferent de sex, vârstă, profesie, nivel economic;
- în perioada epidemiei, apa potabilă este necorespunzătoare calitativ;
- epidemia dispare o dată cu corectarea calităţii apei.

Endemia hidrică se manifestă prin prezenţa unui număr mic de îmbolnăviri, cu apariţie neperiodică, dar permanent în aceeaşi zonă geografică în care lipseşte supravegherea epidemiologică şi de laborator a elementelor de mediu.

Scanned with OKEN Scanner

Formele sporadice ale maladiilor hidrice infecţioase se caracterizează prin cazuri izolate de îmbolnăvire; nu sunt specifice maladiilor hidrice, dar pot exista şi în cadrul acestora.

Aşa cum s-a arătat, bolile hidrice sunt provocate de prezenţa unor agenţi biologici diferiţi: virusuri, bacterii, paraziţi, fungi. Printre cele mai des întâlnite maladii hidrice de natură infecţioasă amintim: hepatita, denga, leptospiroza, febra tifoidă, campilobacterioza, paludismul, holera etc.

Hepatita

Hepatita, termenul general care defineşte inflamaţia ficatului, are numeroase cauze, atât infecţioase cât şi de altă natură. Dintre multiplele tipuri de hepatită, hepatitele A şi E, cauzate de virusuri, pot fi transmise prin apă şi prin alimente. De aceea, calitatea apei şi respectarea normelor de igienă sunt importante pentru a preveni aceste maladii.

Virusurile hepatitelor A şi E, fără nici o legătură între ele, sunt transmise pe cale oro-fecală, cel mai adesea prin apă contaminată şi de la o persoană la alta. Virusul hepatitei A poate fi transmis, în egală măsură, prin intermediul alimentelor manipulate de persoane purtătoare de virus.

Hepatitele A şi E sunt prezente în toată lumea, dar hepatita A este frecventă în ţările în care condiţiile sanitare şi igienice sunt precare.

Frecvenţa deceselor cauzate de hepatita A este scăzută (0,2% din cazurile icterice). În cazurile severe, survine necroza extensivă a ficatului în primele 6-8 săptămâni de boală cu manifestări grave: febră, dureri abdominale marcante, vomismente, icter şi encefalopatie hepatică, crize convulsive, comă; se instalează hepatita fulminantă şi moartea survine la 70 – 90% din cazuri.

În prezent, nu se cunosc medicamente antivirale specifice împotriva hepatitelor A şi E. Prevenirea acestei maladii virale necesită:

- educaţia pentru respectarea igienei individuale (mai ales spălatul pe mâini);
- îmbunătăţirea aprovizionării cu apă şi gestionarea corectă a deşeurilor;
- vaccinarea contra hepatitei A, mai ales în zonele de risc.

Encefalita japoneză

Encefalita japoneză este o îmbolnăvire datorată unui flavivirus care atacă membranele meningiale. Virusul care provoacă encefalita este transmis de un ţânţar aparţinând grupului *Culex tritaeniorhynchus* şi *Culex vishnui*, care se reproduce mai ales în culturile de orez irigate. Porcul este gazda care amplifică infecţia; virusul se reproduce la porc şi infectează ţânţarii prin înţepăturile care le asigură hrana. La om, înţepăturile insectelor provoacă infecţia. Majoritatea infecţiilor produse de virusul encefalitei japoneze sunt benigne (febră şi cefalee), dar la un număr redus de persoane contaminate (0,5%) boala debutează brusc cu febră puternică,

Scanned with OKEN Scanner

cefalee, redoarea cefei, dezorientare, comă, crize convulsive, paralizie spastică şi deces. Nivelul de letalitate poate atinge 60%; la jumătate dintre persoanele care dezvoltă forma severă a bolii, afectarea sistemului nervos central devine permanentă.

Encefalita japoneză este o cauză majoră de encefalită virală în Asia, zonă în care sunt semnalate anual 30 000 – 50 000 de cazuri. Distribuţia bolii este legată de modalitatea specifică de cultivare a orezului irigat, asociată cu creşterea porcilor.

Denga şi denga hemoragică

Denga este o maladie infecţioasă – arboviroză - transmisă de ţânţari, care în ultimii ani a devenit un subiect important de preocupare pentru sănătatea publică la nivel global.

Este o maladie gravă, de tip gripal, care poate afecta copilul nou-născut, tinerii şi adulţii şi care este numai rareori fatală.

Denga hemoragică este o complicaţie potenţial mortală şi, în prezent, constituie o cauză importantă de deces pentru copii în mai multe ţări din Asia.

Virusul denga are 4 tipuri distincte; infecţia cu unul dintre ele asigură imunitatea pentru reinfecţia cu acel tip, dar o protecţie pasageră şi parţială faţă de celelalte trei tipuri. Virusul este transmis la om prin înţepătura de ţânţar femelă infectat cu germeni din genul *Aedes*.

Ţânţarul preia virusul din sângele unui subiect infectat pe care îl înţeapă în perioada de circulaţie a virusului prin sânge (perioada în care pacientul este febril). Odată infectat, ţânţarul poate transmite virusul subiecţilor sensibili, pe toată perioada vieţii sale.Ţânţarul femelă contaminat poate transmite virusul generaţiilor următoare de ţânţari.

Tabloul clinic al bolii depinde de vârsta pacientului. La nou-născut şi la copilul mic pot apărea erupţii şi sindrom febril; la adult se poate instala un sindrom febril blând sau o îmbolnăvire incapacitantă care se instalează brusc, cu febră ridicată, erupţii, cefalee intensă şi dureri retro-orbitale, musculare sau articulare.

Denga hemoragică este o complicaţie potenţial mortală, caracterizată prin febră foarte puternică, fenomene hemoragice, hepatomegalie şi, în cazurile foarte grave, colaps cardiovascular. Boala debutează cu febră puternică, hiperemie facială, asociate cu alte simptome ale denga. Febra persistă 2 - 7 zile, poate atinge 40 – 41°C şi este însoţită de convulsii.

La nivel mondial, prevalenţa denga a făcut progrese spectaculare în ultimele decenii. Are incidenţă crescută în peste 100 de ţări din zone tropicale şi subtropicale. Este o maladie specifică zonelor urbane, unde ţânţarii se pot reproduce în cantităţi mici de apă stătută în interiorul sau în exteriorul locuinţelor: recipiente cu apă de băut, vaze cu flori etc.

În prezent se estimează existenţa anuală a 50 – 100 de milioane de cazuri de Denga şi în jur de 500 000 de cazuri de denga hemoragică.

Scanned with OKEN Scanner

Metoda cea mai eficace de prevenire a îmbolnăvirii este eliminarea ţânţarilor care cauzează maladia.

Leptospiroza

Leptospiroza este o maladie bacteriană care afectează omul şi animalele. Agentul patogen este *Leptospira* spp. care se dezvoltă în organismul animalelor sălbatice (rozătoare, insectivore) sau domestice (bovine, porcine, cabaline). Contaminarea omului are loc prin intermediul apelor reziduale comunale sau provenite din zootehnie, necorespunzător purificate, deversate în apele de suprafaţă. Contactul direct cu solul sau cu plantele contaminate poate provoca infecţia la om. Leptospirele contaminează omul traversând pielea la nivelul unor răni sau escoriaţii; penetrează cu destulă uşurinţă mucosele (nazală, oculară, bucală). Contaminarea interumană se produce foarte rar.

Boala debutează prin febră foarte puternică, cefalee violentă, dureri musculare, frisoane, înroşirea ochilor, dureri abdominale, icter, hemoragii la nivelul membranelor cutanate şi mucoaselor (inclusiv pulmonară), vomismente, diaree şi erupţii cutanate.

Leptospiroza este răspândită în întreaga lume; constituie risc profesional pentru persoanele care lucrează cu animalele, pentru agricultori (mai ales pentru cei care lucrează în culturile de orez, de trestie de zahăr) etc. Leptospiroza reprezintă un risc în activităţile recreative în ape contaminate. În zonele endemice, numărul cazurilor de leptospiroză poate atinge niveluri ridicate în perioadele ploioase şi poate lua proporţii epidemice în cazul inundaţiilor.

În lume, incidenţa leptospirozei este de 0,1–1 la 100 000 de locuitori în zonele temperate şi de 10 la 100 000 de locuitori, în zonele tropicale umede.

Clinic, leptospiroza este dificil de diagnosticat; diagnosticul de laborator este obligatoriu. După diagnosticare, tratamentul cu antibiotice eficace şi corect administrate trebuie început cât mai curând posibil. Cazurile netratate pot avea evoluţii severe şi chiar sfârşit letal.

Măsurile de prevenire a îmbolnăvirii se bazează pe cunoaşterea grupelor de populaţie expusă la riscul de infecţie, reducerea surselor de infecţie (distrugerea rozătoarelor), evitarea contactului cu ape contaminate, prevenirea infecţiilor la om (vaccinare, profilaxie cu antibiotice, educaţie sanitară în grupele de risc şi în populaţia generală).

Febra tifoidă şi febra paratifoidă

Febra tifoidă şi cea paratifoidă sunt maladii infecţioase cauzate de bacterii transmise la om prin ingestia de alimente sau apă contaminată de ape reziduale comunale. Agenţii patogeni sunt bacteriile *Salmonella typhi* şi *Salmonella paratyphi*. Germenii respectivi trec în urina şi materiile fecale peroanelor infectate, de unde pot ajunge la persoane sănătoase, prin

Scanned with OKEN Scanner

intermediul alimentelor manipulate, fără respectarea condiţiilor de igienă sau prin consumarea de apă contaminată prin deversarea de efluenţi reziduali conţinând bacteriile responsabile de producerea bolii.

În organismul persoanei infectate, bacteriile se multiplică şi pătrund în fluxul sanguin. Simptomele febrei tifoide pot fi uşoare sau grave şi constau în febră ridicată (39–40°C) şi prelungită, indispoziţie, anorexie, cefalee, constipaţie sau diaree, peteşii roz pe zona toracică, splenomegalie, hepatomegalie. Majoritatea subiecţilor prezintă simptomele bolii la un interval de 1-3 săptămâni după expunere. În cazul febrei paratifoide, simptomele sunt similare, dar în general, mai puţin grave.

Important pentru contaminarea umană este faptul că o parte din persoanele vindecate rămân purtătoare de bacterii şi, deci, o sursă permanentă de transmitere a bolii.

Febra tifoidă şi febra paratifoidă sunt frecvente în ţările puţin dezvoltate economic, mai ales din cauza calităţii necorespunzătoare a apei potabile. La nivel mondial, numărul anual de îmbolnăviri este în jur de 17 milioane.

Responsabilii din domeniul sănătăţii publice promovează măsuri pentru prevenirea febrei tifoide şi paratifoide:

- educaţia în domeniul igienei personale (mai ales spălatul mâinilor);
- aprovizionarea cu apă potabilă corespunzătoare;
- depistarea purtătorilor sănătoşi şi limitarea accesului acestora la manipularea alimentelor.

Campilobacterioza

Campilobacterioza este o zoonoză transmisă la om prin apa contaminată sau prin consumul de alimente de origine animală. La om, campilobacterioza este o infecţie a căilor digestive concretizată printr-o diaree severă (adesea sângele şi mucusul sunt prezente), provocată de *Campylobacter jejuni* sau *C. coli*. Expunerea populaţiei are loc prin consumul de alimente de origine animală contaminate, insuficient prelucrate termic, sau consum de apă contaminată. Simptomele bolii sunt nespecifice (diaree, dureri abdominale, indispoziţie, febră, greaţă, vomismente) şi se manifestă pe parcursul a 2-5 zile; la adult boala poate recidiva. La unele persoane poate apărea o inflamaţie dureroasă a articulaţiilor şi chiar crize convulsive.

În prezent, campilobacterioza este considerată, la nivel mondial, cea mai frecventă gastroenterită; în ţările dezvoltate ca şi în cele în curs de dezvoltare, frecvenţa acestei maladii este mai mare ca a salmonelozelor.

Îmbolnăviri provocate de toxine cianobacteriene

Cianobacteriile, cunoscute şi sub numele de alge albastre, sunt microorganisme care prezintă caracteristici de alge şi de bacterii; sunt prezente în întreaga lume, mai ales în apele calme, bogate în nutrienţi.

Scanned with OKEN Scanner

Anumite specii de cianobacterii produc toxine care afectează omul şi animalul. Toxinele cianobacteriene sunt clasificate în funcţie de modul în care afectează organismul uman:

- *hepatotoxine* – produse de suşe de cianobacterii ca: *Mycrocystis, Anabaena, Oscillatoria, Nodularia, Nostoc, Cylindroapermopsis* şi *Umezakia*;
- *neurotoxine*, produse de *Aphanizomenon* şi *Oscillatoria.*

Cianobacterii din specia *Cylindroapermopsis raciborski* pot produce, pe lângă toxine, şi alcaloizi toxici, responsabili de simptome la nivel gastrointestinal şi renal.

Expunerea populaţiei are loc prin intermediul apei contaminate (apă potabilă, ştranduri, piscine). Îmbolnăvirile provocate de toxinele cianobacteriene variază în funcţie de tipul de toxină şi de tipul de expunere (consum de apă potabilă, contact cu pielea etc.) La om, simptomele sunt diferite: iritaţie cutanată, crampe la nivelul stomacului, vomismente, greaţă, diaree, febră, anginã, cefalee, dureri musculare şi articulare, vezicaţii în jurul buzelor şi a nasului, atingere hepatică. La unii pacienţi apar reacţii alergice, iritaţii la nivelul ochilor.

Cianobacteriile sunt asociate maladiilor hidrice în diferite regiuni ale lumii, de la America de Nord, la Australia, Africa, Europa şi China.

Holera

Holera este o toxiinfecţie intestinală gravă, puternic contagioasă, cauzată de o enterotoxină elaborată de *Vibrio cholerae,* care colonizează intestinul gros.

Omul este singura gazdă naturală pentru *Vibrio cholerae.* Apa joacă un rol important în transmiterea acestei boli în zonele puţin dezvoltate economic. Contaminarea directă oro-fecală (de la persoane bolnave sau purtători sănătoşi) a alimentelor sau prin intermediul apelor reziduale comunale este un factor important de transmitere. Muştele joacă un rol considerabil în diseminarea vibrionilor. Alimentele de origine marină (crabi, moluşte, languste), peştii, dar şi alimente diverse (cartofi, ouă, vegetale) pot fi contaminate.

Simptomele îmbolnăvirii: vomismente spontane, diaree brutală abundentă şi apoasă, care duce la o deshidratare puternică, pierderi de electroliţi, creşterea acidităţii sanguine. Fecalele sunt lichide, decolorate, inodore (cu aspect de „apă de orez").

Chiar după aplicarea rapidă a rehidratării care menţine bolnavul în viaţă, diareea persistă 2 - 4 zile (50 - 100 scaune pe zi), apoi cedează treptat. În mod normal, vomismentele apoase preced diareea.

În cazuri grave, holera netratată poate provoca moartea în 24 - 48 de ore (uneori 12 ore).

Maladia se poate manifesta şi în forme mai puţin severe, ca enterite banale, de obicei nediagnosticate, care contribuie la diseminarea germenilor.

Scanned with OKEN Scanner

Ca măsuri de prevenire a îmbolnăvirii: respectarea igienei personale, dezinfecţia apelor reziduale, eliminarea muştelor şi tratamentul rapid al bolnavilor.

Paludismul

Paludismul, maladia infecţioasă parazitară cea mai importantă din întreaga lume, este transmisă prin intermediul ţânţarilor, care se reproduc în apele dulci şi uneori în apele dulci-sărate (apele lagunelor).

Paludismul este cauzat de patru specii de paraziţi din genul *Plasmodium* (*P. Falciparium, P. Vivax, P. Ovale, P. Malariae*).

Omul se contaminează în urma înţepăturii ţânţarului anofel infestat. Anumiţi ţânţari femelă atacă la crepuscul sau la începutul serii, în timp ce alţii îşi aplică înţepăturile în timpul nopţii sau la primele ore ale dimineţii. În cazul în care ţânţarul înţeapă o persoană infectată, acesta ingeră parazitul odată cu sângele. Pe parcursul unei perioade cuprinse între 8 şi 35 de zile (în funcţie de temperatura ambiantă), parazitul se dezvoltă în ţânţar. Forma infestantă a parazitului trece în glandele salivare ale ţânţarului care, prin înţeparea unei persoane sănătoase, îl transmite mai departe în organismul acesteia. În gazda umană, paraziţii migrează către ficat, penetrază celulele hepatice, unde se multiplică şi cuprind întreaga circulaţie sanguină.

Faza hepatică poate dura între 8 zile şi câteva luni, în funcţie de specia de *Plasmodium.* Creşterea şi multiplicarea au loc în globulele roşii.

Simptomele clinice apar în momentul în care are loc hemoliza. Dacă hemoliza are loc masiv, persoana infectată prezintă episoade intermitente de febră, specifice paludismului. Paraziţii eliberaţi în urma hemolizei invadează noi hematii. Majoritatea persoanelor infectate încep să prezinte simptomele după un interval de 10 – 30 de zile de la infestare.

Simptomele boli: febră, frisoane, cefalee, dureri musculare, oboseală, greaţă şi vomismente, diaree, anemie şi coloraţia în galben a tegumentelor şi ochilor. De asemenea, pot apărea convulsii, comă, anemie severă şi insuficienţă renală. Gravitatea şi amploarea simptomelor depind de tipul de paludism. În anumite cazuri, infecţia poate să rămână asimptomatică o perioadă îndelungată (până la 5 ani) şi poate fi recurentă. În zonele puternic afectate de paludism, oamenii pot dobândi imunitate, rezultată în urma numeroaselor infecţii suferite. Fără un tratament rapid şi eficace, paludismul poate evolua spre o formă cerebrală gravă, urmată de deces.

Paludismul figurează printre cele 5 cauze principale de deces a copiilor până la varsta de 5 ani din Africa.

OMS estimează numărul îmbolnăvirilor de paludism ca fiind de ordinul a 300-500 milioane, cu mai mult de 1 milion decese anual.

Astăzi, paludismul este prezent în principal în tările tropicale şi subtropicale, în special în Africa subsahariană, Asia de Sud-Est, dar cazuri sporadice apar în toată lumea.

Scanned with OKEN Scanner

Onchocercoza

Onchocercoza sau "cecitatea de râu" este o boală parazitară a cărei vector este o insectă care se reproduce în apă; este a doua cauză principală de orbire de origine infecţioasă din lume. Onchocercoza este cauzată de *Onchocerca volvulus*, un vierme parazit, subţire, care poate trăi până la 14 ani în organismul uman. Boala este transmisă de la o persoană la altă prin înţepătura unei muşte (*Simulium*). Simulia depune ouăle în apa râurilor repezi; insecta adultă se dezvoltă în 8-12 zile. Înţepătura insectei provocată unei persoane infestate se poate finaliza şi cu ingestia de larve care, pot fi transmise altei persoane afectată de înţepătură. În organismul uman, larvele se transformă în vierme adult, care se fixează în nodulii fibroşi, aproape de articulaţii sau de suprafaţa pielii. Fiecare vierme femelă adultă (poate ajunge la 50cm lungime) produce milioane de viermi microscopici care migrează şi traversează pielea cauzând mâncărimi, o depigmentare a pielii ("piele de leopard").

Simptomele maladiei apar, în general, la 1-3 ani după infestare.

Onchocercoza este prezentă în 36 de ţări din Africa, America de sud, Peninsula arabică. În prezent, în lume sunt infestate aproximativ 18 milioane de persoane, din care 270 000 şi-au pierdut vederea.

Ascaridiaza

Ascaridiaza este o parazitoză provocată de *Ascaris lumbricoides,* un nematod care se fixează la nivelul intestinului gros al omului. Infestarea are loc prin intermediul solului în care sunt prezente ouă ale parazitului, al alimentelor de natură vegetală irigate cu apă infestată sau alimente de origine animală insuficient tratate termic. Cei mai expuşi sunt copiii de 3 - 8 ani. În tubul digestiv uman, ouăle parazitului dau naştere unei larve care se dezvoltă la nivelul intestinului. Larvele străbat peretele intestinal şi, pe cale sanguină, pot ajunge în plămâni. În intestin, parazitul adult depune ouă care, eliminate prin fecale, infestează apele, solul (în sol, ouăle se dezvoltă şi devin infestante după 2 - 3 săptămâni) sau alimentele de natură vegetală.

Depistarea îmbolnăvirii are loc, cel mai des, după eliminarea parazitului prin fecale. Simptomele îmbolnăvirii sunt, în majoritatea cazurilor, puţin severe: stare de disconfort, dificultate respiratorie, febră.

Incidenţa ascaridiazei este în jur de 10% din populaţia Globului. În lume, infestările grave cu *Ascaris* cauzează în jur de 60000 de decese pe an, mai ales la copii.

Schistosomiaza

Schistosomiaza este o maladie hidrică considerată, după paludism, ca a doua infecţie parazitară importantă.

La om, gazda finală, schistosomiaza este cauzată de trei specii de helminţi plaţi: *Schistosoma haematobium*, *S. japonicum* şi *S. mansoni.*

Scanned with OKEN Scanner

Infecţia survine dacă larvele (se dezvoltă în gasteropode de apă dulce) care înoată libere în apă, penetrează pielea. În organism, se transformă şi sunt transportate de către sânge în intestin sau în vezică, unde se maturizează şi produc ouă. Ouăle parazitează diferite ţesuturi (vezică şi ficat), la nivelul cărora apar inflamaţii. Transmiterea are loc în continuare dacă urina sau fecalele persoanelor infestate (în care sunt prezente ouă de parazit) ajung în apă. Aici, ouăle se transformă în larve care infestează gasteropodele acvatice, în organismul cărora parazitul se transformă şi se divizează în larve din a doua generaţie, care sunt eliberate în apa dulce, pregătite să infesteze alţi oameni.

Boala debutează cu erupţii şi mâncărimi la nivel cutanat. La două luni după infestare, dacă parazitul ajunge la maturitate, apar: febră, frisoane, crampe şi dureri musculare. Boala netratată poate evolua spre hematurie, melenă însoţite de hepatomegalie şi splenomegalie. La copii sunt afectate creşterea, statusul nutriţional şi cognitiv. Infecţia cronică antrenează alterarea funcţiilor hepatice, renale şi vezicale. În unele cazuri este afectat sistemul nervos, cu declanşarea de crize convulsive, paralizii şi inflamaţii ale măduvei spinării. Grupele de mare risc sunt reprezentate de cei care lucrează în pescuit sau în irigaţii.

Schistosomiaza este endemică în 76 de ţări, majoritatea din Africa; boala este prezentă şi în America de sud, Mediterana orientală, Asia de est. În lume sunt, în prezent, 200 de milioane de persoane infectate, din care 20 de milioane au o formă gravă, iar 120 de milioane prezintă simptomele bolii.

Reducerea numărului de îmbolnăviri presupune ameliorarea aprovizionării cu apă potabilă, educaţia sanitară a populaţiei, practicarea chimioterapiei profilactice, mai ales la populaţia şcolară.

1.11.4. Maladii "legate de apă"

Organizaţia Mondială a Sănătăţii include în categoria maladiilor hidrice (de natură chimică sau infecţioasă), sub numele de „**maladii legate de apă**" şi unele afecţiuni favorizate de accesul limitat la apa potabilă de calitate corespunzătoare atât pentru consum uman cât şi pentru igiena personală. Printre acestea, dintre bolile provocate de agenţi chimici şi/sau infecţioşi din apă, sunt incluse: diareea, micozele Tinea, malnutriţia, anemia etc.

Diareea

Diareea este cea mai gravă problemă de sănătate publică direct „legată de apă" şi de starea salubrităţii mediului. Anual, în lume se produc 4 miliarde de îmbolnăviri de diaree, din care 1,8 milioane de decese (90% dintre decese -1,6 milioane - sunt reprezentate de copii sub 5 ani).

Diareea este cauzată de diferite microorganisme (virusuri, bacterii, protozoare); pierderile semnificative de apă şi electroliţi produc o deshidratare severă, care poate cauza moartea.

Scanned with OKEN Scanner

Diareea este cauzată de infecţii produse de un număr mare de microorganisme (bacterii, virusuri sau paraziţi), dintre care marea majoritate sunt propagate prin intermediul apei contaminate şi nerespectarea normelor de igienă.

Diareea poate fi transmisă şi de la o persoană la alta. Alimentele reprezintă altă cauză majoră a diareei, atunci când sunt manipulate în condiţii improprii de igienă. Alimentele de origine vegetală pot fi contaminate prin intermediul apei de irigaţii iar alimentele de origine marină prin contactul direct cu apa contaminată.

Diareea, ca sindrom de infecţie gastrointestinală, se manifestă prin emisia de scaune frecvente, moi sau lichide. În funcţie de tipul de infecţie, diareea poate fi apoasă (ca în cazul holerei) sau sanguinolentă (în dizenterie).

Îmbolnăvirea cauzată de o infecţie poate dura de la câteva zile până la mai multe săptămâni (în cazul diareei persistente). Formele severe ale bolii pot pune în pericol sănătatea datorită deshidratării puternice (diareea apoasă), în special la nou-născuţi şi la copii, la persoane subnutrite şi la cele cu imunitate scăzută.

Impactul diareei persistente asupra statusului nutriţional duce la instalarea malnutriţiei, în special la copii, în ţările în curs de dezvoltare.

Diareea reprezintă şi patologie asociată altor infecţii precum paludismul şi rujeola.

Fenomene de iritaţie la nivelul intestinului, fără asocierea unei patologii infecţioase pot să producă diareea.

Agenţii infecţioşi care cauzează diareea sunt prezenţi în întreaga lume, însă în cazul ţărilor dezvoltate, unde există un control riguros al apei potabile precum şi o educaţie a populaţiei privind normele de igienă personală, diareea survine rar.

Măsuri care pot reduce incidenţa diareei:

- asigurarea accesului la apă potabilă corespunzătoare consumului uman;
- respectarea normelor de igienă (igiena personală şi a alimentelor);
- intensificarea educaţiei sanitare privind apariţia şi răspândirea bolii.

Tinea

Tinea este o afecţiune benignă - o dermatoză contagioasă, cauzată de o ciupercă - dermatofită - *Microsporum canis*, localizată la nivelul capului (*Tinea capitis*), a unghiilor (*Tinea unguium*), picioarelor - „picior de atlet" (*Tinea pedis*) sau sau a corpului (*Tinea corporis*).

Contaminarea se face prin contact direct cu omul sau animalul infectat, prin contact cu solul şi, indirect, prin intermediul obiectelor (haine, serviete, obiecte de igienă personală) aparţinând persoanelor infectate.

Legătura cu apa este realizată de accesul limitat la apă pentru igiena personală sau prin nerespectarea normelor de igienă personală.

Scanned with OKEN Scanner

Pe pielea capului, dermatoza debutează sub forma unor papule sau leziuni cutanate circulare. Părul devine fragil, se rupe uşor şi cade, lăsând zone de alopecie pe pielea capului. Pe pielea corpului apare iniţial sub forma unor pete roz sau roşii plate sau uşor proeminente. Leziunile cutanate circulare pot avea aspect uscat, cu margini solzoase sau umede. În timp, leziunile cutanate se măresc, partea centrală devine cornoasă, cu o zonă circulară de ţesut infectat în jurul zonei cornoase.

Infecţia de la nivelul unghiilor debutează, de obicei, la una dintre ele şi se extinde treptat la celelalte. Unghiile afectate devin îngroşate, sunt fisurate, decolorate, deformate.

Afectarea de către *Tinea* a picioarelor şi pielii corpului este mai frecventă la bărbaţi decât la femei. Adulţii sunt mai susceptibili de a se contamina decât copiii, la care îmbolnăvirea survine, mai frecvent în anotimpul călduros.

Măsurile pe baza cărora se realizează profilaxia acestei maladii sunt:

- aprovizionarea cu apă potabilă corespunzătoare calitativ şi în cantităţi suficiente;
- aplicarea măsurilor de igienă individuală;
- educaţia sanitară pentru a deprinde mijloacele de prevenire.

Malnutriţia

Malnutriţia este o problemă majoră de sănătate, mai ales în ţările puţin dezvoltate. Aprovizionarea cu apă, curăţenia şi igiena, prin impactul direct pe care îl au asupra bolilor de natură infecţioasă (mai ales diareea) joacă un rol foarte important pentru prevenirea malnutriţiei. De aceea, malnutriţia este considerată de Organizaţia Mondială a Sănătăţii, „maladie legată de apă". Malnutriţia, ca şi aprovizionarea deficitară cu apă şi curăţenia insuficientă, sunt legate de lipsa mijloacelor economice. Impactul diareelor persistente şi frecvente asupra malnutriţiei asociate cu sărăcia şi efectul malnutriţiei asupra sensibilităţii faţă de bolile infecţioase sunt elemente care constituie un cerc vicios, mai ales pentru copiii din ţările slab dezvoltate economic.

Măsurile avute în vedere de Organizaţia Mondială a Sănătăţii pentru prevenirea malnutriţiei prevăd: îmbunătăţirea aprovizionării cu apă, respectarea normelor de igienă, educaţia sanitară a populaţiei, asigurarea accesului la mijloacele economice etc.

Anemia

Anemia este o stare patologică ce survine dacă globulele roşii nu transportă suficient oxigen la nivelul ţesuturilor. Cauza principală este carenţa în fer, carenţa nutriţională cea mai răspândită în lume. Cauze asociate sunt maladii datorate lipsei de igienă, lipsei de curăţenie, calităţii necorespunzătoare a apei (mai ales paludismul, schistosomiaza, anchilostomiaza).

Scanned with OKEN Scanner

Anemia afectează toate grupele de populaţie, dar femeile însărcinate şi copiii reprezintă populaţia mai vulnerabilă. În forma cea mai uşoară, anemia este „silenţioasă", fără simptome. Formele severe se manifestă prin oboseală, stare de slăbiciune, vertije, somnolenţă, paliditate.

Cauzele principale ale anemiei, atât cele nutriţionale cât şi cele infecţioase (paludismul, schistosomiaza, anchilostomiaza) coexistă, de obicei, la acelaşi individ şi agravează boala. În paralel, paludismul este o cauză majoră (pentru 50% din cazuri) a anemiei; în zonele endemice, paludismul atinge 300 – 500 milioane de persoane.

În lume, în jur de 44 milioane de femei însărcinate sunt afectate de anchilostomiază şi 20 de milioane de persoane sunt puternic afectate de schistosomiază.

Îmbunătăţirea condiţiilor de igienă, gestionarea resurselor de apă şi aprovizionarea corespunzătoare cu apă, accesul la mijloacele economice pentru a contribui la reducerea paludismului, schistosomiazei, anchilostomiazei sunt măsuri care pot contribui la reducerea frecvenţei anemiilor ca „maladii legate de apă".

Scanned with OKEN Scanner

AERUL ATMOSFERIC – ELEMENT DE MEDIU

Atmosfera, învelişul suprafeţei Pământului, este un amestec de gaze şi vapori de apă, cu o înălţime de aproximativ 50.000 km.

În funcţie de modificările compoziţiei chimice şi înălţimea de la suprafaţa Pământului, atmosfera cuprinde trei straturi suprapuse:

1. *Troposfera* se întinde până la 10-12 km de la suprafaţa solului (8-9 km la poli şi 17-18 km la ecuator); cuprinde 65% din masa aerului şi 90% din vaporii de apă. În troposferă, factorii fizici prezintă variaţii mari care au drept consecinţe formarea vaporilor, deplasarea maselor de aer, apariţia precipitaţiilor; presiunea şi temperatura scad proporţional cu altitudinea. Troposfera este succedată de o zonă 0,5-1,5 km numită tropopauză.
2. *Stratosfera* se întinde până la 50 km; conţine stratul de ozon format prin acţiunea radiaţiilor ultraviolete. În urma acestui proces rezultă energia care determină încălzirea aerului. Pătura de ozon protejează suprafaţa terestră de acţiunea radiaţiilor UV. În stratosferă, temperatura aerului creşte cu altitudinea, presiunea atmosferică este în continuă scădere, iar vaporii de apă lipsesc. Şi stratosfera continuă cu o zonă de tranziţie – stratopauză.
3. *Mezosfera* se întinde până la aproximativ 100 km. În mezosferă, temperatura aerului scade progresiv, rarefierea aerului creşte progresiv, presiunea atmosferică scade cu înălţimea. Mezosfera este succedată de mezopauză.
4. *Termosfera* (ionosfera) începe deasupra mezopauzei şi se extinde până la limita atmosferei. Temperatura este în creştere, iar presiunea scade progresiv, datorită rarefierii aerului. Elementele chimice din aceasta zonă sunt puternic ionizate; este caracteristică existenţa electronilor liberi.

Dintre aceste straturi ale atmosferei, influenţa marcantă asupra organismului uman o exercită troposfera.

Organismul uman vehiculează o mare cantitate de aer care, prin componenţii săi chimici intervine în procesul respiraţiei, realizând schimbul de gaze dintre organism şi mediu.

În condiţii de repaus, la o frecvenţă respiratorie de 16 -20 respiraţii pe minut, cu un volum respirator de 0,4 - 0,6L de aer pentru fiecare inspir, ventilaţia pulmonară este de 400 - 600 L/ oră.

Volumul mare de aer necesar activităţii vitale a organismului uman explică influenţa pe care o atmosferă poluată o poate exercita asupra acestuia.

Prin proprietăţile sale fizice şi compoziţia chimică, aerul influenţează procesele de termoreglare ale organismului, determină caracteristici climatice ale diferitelor zone geografice, cu acţiune indirectă asupra organismului uman.

Aerul poluat constituie calea de pătrundere în organism a unor agenţi fizici, chimici şi biologici cu efecte nocive.

Scanned with OKEN Scanner

2.1. Compoziţia chimică a aerului

Aerul atmosferic are o compoziţie chimică relativ constantă, care include vapori de apă şi gaze: oxigen 20,7-20,9%; dioxid de carbon 0,03-0,04%; azot 80,02%; gaze rare (neon, argon, xenon, kripton), ozon, hidrogen, în concentraţii foarte mici (0,01%) şi vapori de apă.

Prin compoziţia chimică şi prin proprietăţile fizice specifice, aerul are un rol important în procesele care se petrec în organism: intervine în procesul de respiraţie şi în procesele de oxidare - principala sursă de energie pentru procesele vitale.

Oxigenul

În aerul atmosferic, oxigenul se găseşte în concentraţie relativ constantă. Eliberarea oxigenului în atmosferă are loc în procesul de asimilaţie clorofiliană (în timpul zilei) sub influenţa radiaţiilor solare.

Se consumă oxigen în toate procesele oxidative naturale sau artificiale şi în procesul de respiraţie al vieţuitoarelor.

Variaţii ale concentraţiei de oxigen în aerul atmosferic au loc numai în condiţii particulare (încăperi foarte aglomerate în care concentraţia în oxigen poate scădea până la 18-19%, în mine adânci, în urma exploziilor din mine); concentraţia oxigenului atmosferic scade proporţional cu altitudinea şi cu gradul de rarefiere al aerului.

Creşterea concentraţiei oxigenului în aer se practică numai în situaţii deosebite (în scop terapeutic, la scafandri, aviatori, cosmonauţi).

Importanţa deosebită a oxigenului din aer constă în faptul că este un gaz vital fără de care viaţa nu este posibilă.

Scăderea de până la 18% a concentraţiei de oxigen din aer nu produce tulburări evidente. La concentraţii de 18-15% apar manifestări minore: accelerarea ritmului cardiac, creşterea presiunii arteriale, creşterea numărului de hematii în sângele periferic. Local, în majoritatea ţesuturilor, hipoxia produce vasodilataţie.

La concentraţii ale oxigenului din aer de 15-10% apar: dezechilibru acido-bazic (alcaloza), dispnee, manifestări nervoase (excitaţie şi apoi depresie), bradicardie, scăderea presiunii arteriale şi, în final, colaps respirator şi cardiovascular.

La o concentraţie de O_2 sub 10-8% viaţa nu mai este posibilă.

Expunerea organismului la concentraţii crescute de oxigen este mai bine tolerată.

Dioxidul de carbon

Concentraţia dioxidului de carbon în aer variază între 0,03-0,04%. În aerul atmosferic, CO_2 provine ca rezultat al transformărilor biochimice naturale din sol, transformarea bicarbonaţilor în carbonaţi în apa de la

Scanned with OKEN Scanner

suprafaţa mărilor şi oceanelor, respiraţia umană şi animală, activitatea vulcanică, activitatea industrială, arderea combustibililor etc.

Procesele consumatoare de CO_2 sunt asimilaţia clorofiliană şi transformarea carbonaţilor din apă marilor şi oceanelor în bicarbonaţi.

În ultimii ani s-a constatat o creştere a concentraţiei de CO_2 în atmosfera, mai ales ca rezultat al arderii combustibililor. Creşterea concentraţiei de CO_2 în aer până la 1% se întâlneşte în spaţii închise (locuinţe aglomerate şi neaerisite, săli publice), la 3-4% în locurile de muncă din industria zahărului, berii, la 5-6% în industria extractivă minieră, metalurgică, chimică; în fântâni adânci, concentraţia în CO_2 în aer poate ajunge la 5-10%.

Modificarea concentraţiei CO_2 în aerul atmosferic are efecte nocive asupra organismului uman prin perturbarea actului respirator.

Dioxidul de carbon rezultat din arderile care au loc la nivelul ţesuturilor este adus prin sângele venos la nivelul alveolei pulmonare. Presiunea CO_2 este de 46 mm Hg în sângele venos şi 40mm Hg în aerul alveolar, ceea ce permite difuzia sa spre aerul atmosferic. Coeficientul de difuzie al CO_2 este de 25 ori mai mare decât al O_2, fapt care contribuie la eliminarea CO_2.

Concentraţii mai mari ale CO_2 în aerul atmosferic pot modifică presiunea parţială a CO_2 şi astfel perturbă actul respirator.

Astfel, la concentraţii de CO_2 în aer de 1-2% apare polipnee; la 2-3%, creşterea ritmului şi amplitudinii respiratorii, dispnee; la 5% intervin şi manifestările digestive (greţuri, vărsături); la 6-7%, la simptomele precedente, se adaugă cefalee, vertij, ameţeli, moartea prin stop cardio-respirator; la concentraţii de 20% CO_2 în aer, moartea survine în câteva minute prin paralizia centrilor respiratori.

Din punct de vedere igienico-sanitar, **CO_2 este considerat indicator de apreciere al vicierii aerului în spaţii închise** (aer confinat).

Azotul

Azotul este elementul a cărui concentraţie în aerul atmosferic este cea mai ridicată (78,09%). Concentraţia constantă a azotului în atmosferă este asigurată prin circuitul continuu al acestuia în elementele mediului ambiant (aer, apă, sol).

Azotul este un gaz fără importanţă fiziologică în actul respirator; este considerat diluant al oxigenului până la concentraţia fiziologică.

Alte gaze din aer

În compoziţia chimică normală a aerului atmosferic intră şi alte gaze, în concentraţii foarte mici: argon - 0,93%; neon - 0,0018%; heliu - 0,00052%; kripton - 0,0001%; hidrogen - 0,00005%; xenon - 0,000008%; ozon - 0,000002 până la 0,000008%.

Importanţa acestor gaze pentru organismul uman nu este complet elucidată.

Scanned with OKEN Scanner

Vaporii de apă

Vaporii de apă sunt prezenţi în concentraţii variabile şi provin din evaporarea apelor de suprafaţă şi a apei de la suprafaţa solului, respiraţia animală, transpiraţia plantelor, activitatea vulcanilor, din activităţi industriale, arderea combustibililor etc..

Vaporii de apă din atmosferă reţin o parte din radiaţiile ultraviolete şi infraroşii din spectrul solar şi intervin în procesul de termoreglare al organismelor homeoterme.

2.2. Influenţa aerului atmosferic asupra organismului uman

Aerul atmosferic, prin proprietăţile sale fizice - temperatură, umiditate, curenţi de aer, presiune, electricitate atmosferică - exercită acţiuni specifice asupra organismului uman.

Factorii fizici pot avea efecte directe asupra organismului uman, dar şi efecte indirecte prin modificarea ambianţei umane optime.

Temperatura atmosferică

Temperatura aerului este determinată de intensitatea radiaţiei solare.

Căldura solară se acumulează la suprafaţa solului, de unde este redată aerului atmosferic care, devenind mai uşor, se deplasează spre înălţime, lăsând loc unor mase de aer mai reci care, la rândul lor, se încălzesc; acest proces este continuu.

În cursul unei zile, temperatura variază în funcţie de intensitatea radiaţiei solare, cu un maxim în jurul orelor 13^{oo}-15^{oo} şi un minim în jurul orei 5^{oo}.

Variaţia sezonieră şi anuală a temperaturii este determinată de poziţia diferită a soarelui faţă de pământ.

Temperatura aerului atmosferic este influenţată şi de altitudine (scade cu înălţimea), caracteristicile solului (solurile calcaroase şi nisipoase se încălzesc mai repede), întinderea suprafeţelor de apă (timp de încălzire diferit de al solului), a vegetaţiei care reţine o parte din radiaţia solară, nebulozitatea atmosferei, prezenţa centrelor populate care intervin prin surse de căldura artificiale.

Sub aspect igienico-sanitar, temperatura aerului atmosferic este un factor determinant în procesul de termoreglare al organismului.

Temperatura este un factor determinant în realizarea unui anumit tip de climă, care influenţează organismul uman prin calitatea condiţiilor de locuit, a condiţiilor de muncă, a alimentaţiei etc.

Formarea curenţilor de aer, cu implicaţii majore în procesele de poluare şi de autopurificare ale atmosferei, este dependentă de variaţia temperaturii aerului atmosferic.

Scanned with OKEN Scanner

În acelaşi timp, tipul de climă şi regimul de temperatură al unei zone geografice favorizează tipuri de morbiditate specifice (temperaturile scăzute favorizează bolile respiratorii, iar cele crescute, boli digestive, boli infecţioase, boli parazitare). Pentru organismul uman, temperatura optimă este cuprinsă între 18 şi 22 °C.

Umiditatea atmosferică

Umiditatea aerului atmosferic - apa existentă în aer sub formă de vapori, picături, cristale - are numeroase semnificaţii igienico-sanitare:

- acţionează direct asupra organismului, influenţând procesul de termoreglare; pentru menţinerea stării de confort termic, umiditatea aerului trebuie să fie cu atât mai redusă, cu cât temperatura aerului este mai ridicată;
- constituie o componentă de bază a climei, determinând caracteristicile specifice ale acesteia. Clima umedă favorizează bolile respiratorii, bolile reumatismale şi pe cele infecţioase. De asemeni, umiditatea crescută a atmosferei are consecinţe economice: favorizează procesul de deteriorare a materialelor de construcţie, micşorează durata de conservare a alimentelor etc;
- favorizează procesele de poluare ale atmosferei prin reacţiile chimice la care participa şi din care rezultă compuşi mai toxici decât cei iniţiali).

Organismul uman îşi reglează confortul termic, exprimat prin „Indicele de confort termic", indice temperatură - umezeală la valori de umiditate cuprinse între 35-65 g/m^3. „Indicele de confort termic" - este un index care coroborează temperatura aerului cu umiditatea relativa (marime fizica egala cu cantitatea de vapori de apa care exista într-un amestec gazos de aer si apa) pentru a determina o temperatură aparentă - cea resimţită de corpul uman.

In mod normal, corpul se raceste prin transpiraţie, proces in timpul căruia apa se evaporă, iar ca urmare caldura reţinuta se diminuează. Atunci cand umiditatea relativa este mare, rata de evaporare a apei se reduce; are loc o racire mai lenta a corpului, care retine mai multa caldura decât ar face-o in aer cu umiditate mai scăzută.

Harta indicelui de confort termic este marcată cu ora la care se refera şi se elaborează pentru intervalul orar 13-16.

Pragul critic este de 80 unităti; acolo unde valoarea este egală cu aceasta sau mai mare, populaţia trebuie sa se protejeze adecvat.

Curenţii de aer

Curenţii de aer sunt deplasări ale maselor de aer în diferite direcţii, datorită încălzirii inegale a suprafeţei solului de către radiaţiile solare.

Din punct de vedere igienico-sanitar, curenţii de aer au influenţă benefică asupra procesului de termoreglare a organismului uman. Curenţii de aer cu viteză moderată au acţiune stimulantă asupra organismului, în timp ce climatul de seră, lipsit de curenţii de aer este nefavorabil.

Scanned with OKEN Scanner

Deplasarea maselor de aer constituie un factor activ în procesul de autopurificare a atmosferei. Curenţii de aer verticali ridică poluanţii din straturile mai joase de aer (nivel fiziologic), micşorându-le astfel concentraţia; curenţii orizontali transportă poluanţii la distanţe mari, reducând acţiunea lor nocivă asupra organismului, în zonele de emisie. În spaţii închise, viteza curenţilor de aer trebuie să fie în jur de 0,1- 0,2 m/s.

Presiunea atmosferică

Presiunea atmosferică este o proprietate fizică a acesteia, care variază în funcţie de gradul de încălzire al aerului şi de circulaţia maselor de aer.

Presiunea atmosferică se exprimă în mm coloană de mercur pe 1 cm^2 sau în milibari (1000 mB = 750 mm Hg).

Variaţiile presiunii atmosferice sunt atât diurne, cât şi determinate de altitudine, anotimp şi poziţie geografică. La 0° altitudine, organismul uman este supus la o presiune atmosferică de 1,03 kg/cm^2; pentru o suprafaţă corporală medie de 1,5-1,8 m^2 corespunde o forţă de 15.000-18.000kg. Această presiune externă nu este percepută de organismul uman, deoarece este uniform repartizată şi este echilibrată de o presiune internă de aceeaşi intensitate.

Organismul uman se adaptează la variaţiile mici de presiune diurne (pe parcursul a 24 de ore se înregistrează două valori minime în jurul orelor 4^{oo} şi 16^{oo} şi două valori maxime la orele 10^{oo} şi 22^{oo}).

Variaţiile de presiune atmosferică datorate altitudinii exercită efecte directe asupra organismului prin modificarea dinamicii schimburilor de gaze între organismul uman şi aerul atmosferic.

Electricitatea atmosferică

Electricitatea atmosferei se datoreşte prezenţei unor particule purtătoare de sarcini electrice numite aeroioni sau ioni atmosferici; aceştia determina conductibilitatea electrică a aerului atmosferic.

Formarea ionilor atmosferici se datoreşte factorilor ionizanţi cosmici (radiaţii solare, electromagnetice) şi telurici (radiaţiile alfa, beta şi gama emise de rocile radioactive din scoarţa pământului), utilizarea energiei nucleare, descărcările electrice, pulverizarea apei, furtunile atmosferice, combustiile naturale sau cele artificiale.

Ionii atmosferici - aeroionii - diferă prin semnul sarcinii electrice, starea de agregare, dimensiuni, mobilitate, durata de viaţă şi pot fi:

- *aeroioni rapizi* (n^- şi n^+) cu dimensiuni de ordinul angströmilor, cu mobilitate mare şi durată de viaţă scurtă (de la zeci de secunde până la câteva minute).

  Se fixează pe diferite particule (praf, polen, spori, picaturi de apă) formând ionii grei sau ultragrei;

Scanned with OKEN Scanner

- *aeroionii grei* şi *ultragrei* (N^- şi N^+) cu dimensiuni de ordinul zecilor de microni, mobilitate redusă, durată de viaţă de ordinul orelor.

Densitatea aeroionilor depinde de gradul de puritate al aerului atmosferic; ionii rapizi, mici, predomină în zonele neimpurificate, unde concentraţiile ionilor mici de ambele sarcini pot ajunge la 3.000-4.000 perechi/cm^3; ionii mari sau grei se găsesc mai ales în atmosfere poluate, în care pot ajunge la concentraţii de 100.000 perechi/cm^3 aer.

Atmosfera umedă favorizează formarea aeroionilor grei. Aerul expirat conţine mai ales ioni grei, pozitivi.

Mecanismul de acţiune al aeroionilor asupra organismului uman nu este complet elucidat; se ştie că acţiunea biologică a aeroionilor este exercitată în special de aeroionii mici, a căror efect este diferit în funcţie de sarcina electrică pe care o transportă.

În general, aeroionii mici negativi exercită un efect calmant pentru organism, în timp ce ionii pozitivi sunt excitanţi; pentru desfăşurarea optimă a funcţiilor fiziologice, este necesară prezenţa ambelor tipuri de aeroioni, la un nivel cantitativ şi calitativ corespunzător cu concentraţia naturală din aerul atmosferic.

Aeroionizarea - electricitatea atmosferei - poate constitui un indicator de apreciere a gradului de puritate al aerului atmosferic din spaţiile închise.

Se consideră că aerul este nepoluat în condiţiile în care:

- numărul aeroionilor mici (n^- şi n^+) = 400 -700 perechi/cm^3 aer;
- numărul aeroionilor grei (N^- şi N^+) = 1000 -1500 perechi/cm^3 aer.

Câmpul aeroelectric

Încărcarea electrică (pozitivă sau negativă) a aerului atmosferic este diferită în absenţa norilor (cer senin) sau în atmosferă noroasă. În zonele atmosferice senine, câmpul aeroelectric este pozitiv, iar sub masele de nori există un câmp negativ.

Câmpul electric terestru

Între suprafaţa solului, încărcata de regulă negativ şi aerul atmosferic din imediata apropiere a solului încărcat pozitiv se realizează o diferenţă de potenţial. Această diferenţă de potenţial creşte cu înălţimea.

Câmpurile magnetice artificiale

Câmpurile magnetice artificiale apar în jurul instalaţiilor care produc şi transportă energia electrică (generatoare, posturi de transformare, linii de înaltă tensiune); aerul din aceste regiuni are o densitate de electricitate care poate fi nocivă organismului uman.

Modificările bruşte ale tensiunii electrice pot modifica starea normală a organismului, provocând iritabilitate, nelinişte, insomnie; la bolnavii cardiaci se poate agrava boala.

Scanned with OKEN Scanner

Activitatea electrică permanentă existentă în aerul atmosferic se manifestă prin descărcări electrice între nori (fulgerul) sau între nori şi obiecte de pe sol cu sarcină electrică diferită (trăsnetul).

2.3. Poluarea aerului atmosferic

Conform definiţiei publicate de Organizaţia Mondială a Sănătăţii prin poluare se înţelege "**prezenţa unor substanţe străine de compoziţia normală a aerului atmosferic sau variaţii importante ale concentraţiei componenţilor săi care pot produce, direct sau indirect, afectarea stării de sănătate, depistabilă la nivelul cunoştinţelor ştiinţifice actuale**".

În cadrul poluării generale a elementelor mediului ambiant, consecinţa imediată a dezvoltării economico-sociale a societăţii umane, poluarea atmosferică este deosebit de importantă, deoarece aerul, prin mobilitatea sa ridicată, reprezintă cel mai rapid vector al agenţilor poluanţi.

Poluarea aerului este strâns legată de procesul de dezvoltare urbană şi industrială şi afectează mai ales atmosfera oraşelor.

Poluarea mediului este cea mai importantă problemă a secolului XXI. Se poate spune că poluarea a apărut odată cu industrializarea, dar s-a amplificat şi s-a diversificat paralel cu dezvoltarea societăţii. La baza poluării stau factori variaţi, dintre care cei mai importanţi sunt: urbanismul, industrializarea, chimizarea, densitatea demografică. Poluarea apare astfel ca un „subprodus" al civilizaţiei, care nu se limitează doar la interiorul unei întreprinderi, a unei colectivităţi mici, ci cuprinde oraşe, zone din interiorul unei ţări şi chiar arii ce se referă la zone geografice întinse, devenind o problemă internaţională. Pe de altă parte, datele privind cantitatea poluanţilor în atmosfera de la nivelul solului sunt furnizate de sistemele de monitorizare a calităţii aerului, administrate de diferite organizaţii de control, mai ales în domeniul public.

Pentru aer problemele actuale de mediu sunt:

- intensificarea efectul de seră;
- distrugerea stratului de ozon;
- acidifierea aerului;
- creşterea concentraţiei micropoluanţilor;
- producerea ozonului troposferic;
- creşterea numărului de particulele în suspensie.

Substanţele poluante emise în mediul atmosferic contribuie la schimbările climatice, distrugerea stratului de ozon, acidifierea aerului, formarea smogul fotochimic şi deteriorarea calităţii aerului.

Surse de poluare

Poluanţii aerului atmosferic pot proveni din surse naturale şi artificiale.

Scanned with OKEN Scanner

Surse naturale

Sursele naturale de poluare a aerului sunt prezente pe toată suprafaţa pământului şi aduc în atmosferă poluanţi foarte diverşi; aceste surse naturale pot fi:

- *eroziunea solului* de către curenţii de aer; anual aerul transportă zeci de milioane tone de praf cu efecte nocive asupra sănătăţii;
- *erupţiile vulcanice* reprezintă surse de poluare ale aerului numai în perioadele de activitate ale acestora. Emisiile vulcanice conţin: oxizi de carbon, oxizi de sulf, particule de praf, cenuşă etc.;
- *incendiile spontane* care produc impurificări masive ale atmosferei cu fum, CO_2, hidrocarburi etc.;
- *polenul* diferitelor plante, dispersat de curenţii de aer poluează atmosfera, cu consecinţe negative asupra sănătăţii;
- *mineralizarea naturală* a materiilor organice din care rezulta gaze
- poluante ca NH_3, H_2S, CH_4, CO_2 etc.

Surse artificiale

Sursele artificiale produc poluarea aerului atmosferic, localizată sau extinsă pe suprafeţe mari. Printre sursele artificiale de poluare puem aminti:

Procesele de combustie

Procesele de combustie - reprezintă principalele modalităţi de obţinere a energiei sub diferitele sale forme (termică, electrică, mecanică) din arderea combustibililor solizi (cărbune, lemn) sau lichizi (motorină, păcură, petrol) sau sub formă de gaze (gaze naturale).

Cea mai intensă poluare se realizează prin arderea combustibililor solizi şi mai ales a cărbunilor. Din procesele de ardere ale acestora rezultă:

- *oxizi de carbon* (CO şi CO_2) sunt principalele gaze rezultate din arderea combustibililor; CO se formează mai ales în cazul arderilor incomplete. CO_2 eliminat intră în circuitul continuu al carbonului în natură şi poate contribui la creşterea concentraţiei sale în aerul atmosferic;
- *oxizii de sulf* proveniţi din oxidarea sulfului şi a altor compuşi ai săi prezenţi în cărbuni în concentraţii de 1-3% şi în petrol în concentraţii de 3%;
- *oxizi de azot* proveniţi prin arderea compuşilor cu azot din combustibili şi prin oxidarea azotului atmosferic. Din procesul de ardere rezulta NO care, în aerul atmosferic, se transformă în NO_2;
- *aldehide inferioare* şi chiar *acizi organici* care se formează în condiţiile în care procesul de ardere este condus necorespunzător, mai ales în instalaţii casnice de încălzire;
- *hidrocarburi* (mai ales cele aromatice policiclice de tip piren, 3,4-benzpiren, fenantren) sunt produşi ai procesului de ardere în aer insuficient şi sunt adsorbite pe particule de funingine;

Scanned with OKEN Scanner

- *funingine*, care apare în urma arderii combustibililor în aer insuficient şi constă în particule de dimensiuni foarte mici, care în atmosferă se coagulează formând agregate, care ulterior sedimentează;
- *pulberi* - particule rezultate din componenţii minerali ai combustibililor; compoziţia chimică este diferită: Fe_2O_3, MgO, CaO, Al_2O_3, SiO_2, K_2O etc. Dacă procesul de ardere este defectuos, rezultă şi particule de cărbune nears.

Transporturile

Transporturile terestre, maritime sau aeriene constituie o sursa importantă de poluare a aerului atmosferic.

Transporturile terestre reprezintă riscul major pentru sănătatea populaţiei, deoarece emisiile poluante sunt eliberate la suprafaţa solului, la înălţimea de la care sunt inspirate (înălţimea fiziologică). Mijloacele de transport elimină în mediul ambiant produşi specifici de ardere: oxizi de carbon, oxizi de azot, hidrocarburi nearse, aldehide, acizi organici, funingine, pulberi şi plumb.

În compoziţia chimică a gazelor de eşapament intră monoxidul de carbon (4%), oxizi de azot (0,06%), hidrocarburi nearse (0,5%) - ca poluanţi primari; hidrocarburile şi oxizii de azot, în anumite condiţii, prin reacţii fotochimice care au loc în atmosfera, formează poluanţii secundari, mult mai toxici (nitrit de peracetil, acid azotic etc.).

Plumbul este un poluant specific al motoarelor care utilizează benzina drept combustibil. Se ştie că benzina este tratată cu tetraetil plumb (0,5 g/L) ca antidetonant. Prin ţevile de eşapament ale autovehiculelor se elimină 70-80% din plumbul prezent în benzină; eliminarea se face sub formă de aerosoli conţinând halogenuri de plumb. Plumbul mai ajunge în aer şi prin eliminarea ca atare din rezervoarele autovehiculelor, prin evaporarea benzinei tratate; tetraetil plumbul eliminat astfel este mult mai nociv decât halogenurile de plumb.

În egală măsură, transporturile aeriene contribuie la poluarea atmosferică.

Procesele industriale

Procesele industriale specifice diferitelor tehnologii contribuie la poluarea aerului atmosferic prin arderea combustibililor şi prin poluanţii chimici eliminaţi.

Sursele industriale produc, de obicei, o poluare în zone restrânse; dacă poluarea este foarte intensă şi în condiţii atmosferice adecvate (curenţi de aer orizontali), se poate răspândi la distanţe mari faţă de locul de emisie.

Poluanţii eliminaţi pot fi sub formă de gaze, vapori sau particule solide sau lichide de dimensiuni variate, în funcţie de procesul tehnologic din care rezultă.

Scanned with OKEN Scanner

2.4. Clasificarea poluanţilor aerului atmosferic

Poluanţii atmosferici includ o mare varietate de substanţe, diferite atât ca natură chimică cât şi ca efecte exercitate asupra organismului uman şi mediului ambiant.

Clasificarea poluanţilor se poate face după mai multe criterii: starea de agregare, natura lor etc.

În funcţie de **starea de agregare**, poluanţii se clasifică în:

- suspensii, care includ poluanţii dispersaţi în aer, în stare de agregare lichidă sau solidă;
- gaze şi vapori poluanţi.

Clasificarea poluanţilor care ţine cont de starea de agregare a acestora prezintă avantajul unui caracter practic atât pentru exprimarea rea concentraţiilor cât şi pentru explicarea efectelor asupra organismului.

Suspensiile din aer sunt particule lichide sau solide (pulberi), constituind sisteme aerodisperse sau aerosoli; mărimea particulelor fazei dispersate variază între 0,1μ şi 10μ.

Dimensiunea pulberilor determină comportamentul lor în atmosferă: pulberile cu diametrul peste 10 microni sedimentează repede, pulberile cu diametrul cuprins între 0,1 şi 10 microni sedimentează mai lent, cu viteză uniformă, iar particulele mai mici de 0,1 microni, care practic nu sedimentează, rămânând un timp îndelungat în aerul atmosferic. Aceste particule foarte mici se pot conglomera, formând agregate care se sedimentează mai repede, în funcţie de mărimea lor.

Conglomerarea pulberilor este caracteristică particulelor mici şi este importantă în procesul de autopurificare atmosferică.

Particulele mari au proprietatea de a absorbi pe suprafaţa lor gaze şi vapori, radiaţia calorică şi pe cea luminoasă, micşorând cantitatea de căldură care ajunge la nivelul solului. Ele pierd uşor căldură şi, prin răcire, devin nuclei de condensare pentru aeroionii atmosferici.

Compoziţia chimică a pulberilor este foarte variată, în funcţie de proveniența lor; astfel, pulberile emise de termocentrale conţin particule de cărbune, numeroşi oxizi (Fe_2O_3, MgO, CaO, Na_2O_5 K_2O şi SiO_2); pe suprafaţa lor pot fi adsorbite hidrocarburi cancerigene; oţelăriile emit pulberi cu concentraţii mari de oxizi de fier, fabricile de ciment, pulberi conţinând compuşi ai calciului (CaO, $CaCO_3$); din circulaţia rutieră şi feroviară rezultă particule de funingine şi fum; pulberile telurice conţin mai ales SiO_2. În atmosferă sunt eliminate pulberi de natură organică naturale (polen, peri, particule de in cânepă, bumbac) sau de sinteză.

Mărimea particulelor influenţează capacitatea de autopurificare a aerului prin sedimentare.

Gazele şi vaporii poluanţi cuprind un mare număr de substanţe: oxizi de carbon, oxizi de azot, oxizi de sulf, amoniac, clor, acid clorhidric,

Scanned with OKEN Scanner

hidrogen sulfurat, hidrocarburi, mercaptani, vapori de solvenţi organici etc. Pot proveni din surse naturale sau artificiale şi, în general, exercită acţiune toxică şi iritantă asupra organismului uman.

După **natura poluanţilor** aceştia pot fi:

- poluanţi fizici;
- poluanţi biologici;
- poluanţi chimici.

2.4.1. Poluarea fizică - poluarea sonoră

Poluarea sonoră este definită ca „prezenţa zgomotului în mediul ambiant, de intensităţi, care produc senzaţia de disconfort sau afectează starea de sănătate a populaţiei".

Intensitatea poluării sonore este influenţată de factori demografici, economico-sociali etc.

Fiind prezentă atât în interiorul locuinţei, cât şi la locul de muncă sau în mediul stradal, poluarea sonoră este nocivă, deoarece împiedică refacerea normală a capacităţii de muncă şi perturbă unele funcţii ale organismului.

Din punct de vedere **fizic**, *„zgomotul reprezintă o succesiune şi/ sau o suprapunere dezordonată de sunete cu frecvente şi intensităţi diferite. Zgomotul este o combinaţie de sunete dizarmonice cu caracter dezordonat care provoacă efecte neplăcute*".

Din punct de vedere **medical**, zgomotul este definit ca "*orice sunet care produce disconfort organismului uman*".

Sub aspectul percepţiei de către organul auditiv (urechea), oscilaţiile mecanice pot fi clasificate în:

- infrasunete - cu frecvenţă mai mică de 16 Hz;
- sunete - cu frecvenţe între 16 şi 16.000 Hz, percepute de organul auditiv;
- ultrasunete - cu frecvenţe mai mari de 16.000 Hz.

În prezent, zgomotul este cea mai iritantă formă de poluare, mai ales în mediul urban.

Cele mai importante surse de zgomot sunt: activitatea industrială, transportul rutier, feroviar şi aerian, activitatea din construcţii, zgomotul din interiorul încăperilor.

Acţiunea zgomotelor, ca factori nocivi asupra organismului depinde de intensitatea, durata şi frecvenţa acestora, distribuţia expunerii în cursul zilei, durata totală de expunere în cursul vieţii, precum şi de factori care ţin de individ: vârsta, starea fizică, capacitatea de adaptare, sensibilitatea individuală.

Efectele zgomotelor se pot exercită asupra organului auditiv (oboseala auditivă, traumatismul sonor şi surditatea profesională) sau pot fi efecte generale asupra sistemului nervos, aparatului cardiovascular, respirator, digestiv etc.

Scanned with OKEN Scanner

2.4.2. Poluanţi de natura biologică din aer

Alături de substanţele chimice poluante în aerul atmosferic sunt prezente numeroase microorganisme şi particule organice de natură vegetală sau animală, cu efecte nocive asupra organismului. În general, microorganismele produc boli infecţioase, iar particulele organice acţionează ca alergizante.

Contaminarea microbiană a aerului atmosferic

Aerul atmosferic conţine permanent o anumită floră bacteriană formată din bacterii (aerobe şi anaerobe), virusuri, levuri, actinomicete. Această microfloră este prezentă şi în aerul nepoluat, situat deasupra mărilor şi oceanelor şi la mari înălţimi şi poartă numele de floră saprofită, care în mod obişnuit nu prezintă risc infecţios.

În atmosfera aşezărilor umane, alături de flora saprofită, naturală, sunt prezente şi alte categorii de microorganisme de origine umană sau animală, provenite din căile respiratorii (tuse, strănut, vorbire), dejecţii umane sau animale, reziduuri solide sau lichide, produse patologice (diferite secreţii, spută), care contaminează atmosfera, cu efecte nocive asupra sănătăţii populaţiei.

Speciile componente şi densitatea acestora variază în funcţie de gradul de contaminare al aerului: timpul de rezistenţă în aer este variabil şi depinde de specia agentului biologic. Printre bacteriile care dispar mai repede din atmosferă (minute sau ore) se enumeră: pneumococul, cocobacilul tusei convulsive, virusul gripei, al rujeolei şi al variolei. Stafilococii, streptococii, bacilul Koch, bacilul difteric pot persistatimp de luni in atmosferă, iar bacteriile cu forme sporulate (clostridiile, bacteriile tetanice, bacteria cărbunoasă) pot persista în aer 1-2 ani.

Aerul se contaminează uşor de la toate sursele amintite şi de la produse contaminate; prin sedimentare contaminează tegumente, suprafeţe, alimente, lenjerie de pat şi de corp, diferite obiecte din locuinţe, din spitale etc. Riscul apariţiei bolilor infecţioase transmise prin aerul contaminat este diferit dacă se manifestă în spaţii închise sau în atmosfera deschisă, datorită diluţiei agenţilor patogeni în bazinul aerian şi acţiunii specifice a factorilor fizici.

Aerul reprezintă o verigă epidemiologică importantă, întrucât pe această cale se transmit un mare număr de agenţi patogeni. În zona temperată, cele mai frecvente boli transmise pe cale aeriană sunt bolile infecţioase la nivelul aparatului respirator.

Principalul mecanism de îmbolnăvire pe cale aerogenă este inhalarea suspensiilor contaminate; unii agenţi patogeni acţionează asupra zonei naso-faringiene (streptococ hemolitic, bacil difteric), iar alţii la nivelul traheii sau bronhiilor (*Bacillus pertusis*, *Bacillus tuberculosis*).

Declanşarea îmbolnăvirii şi severitatea simptomelor este influenţată de modificări în virulenţa agenţilor patogeni care, în funcţie de durata

Scanned with OKEN Scanner

persistenţei în aer sau pe suprafeţe îşi pot modifica virulenţa şi capacitatea de contaminare.

Poluanţii biologici cu acţiune alergizantă

Poluanţii alergizanţi din aerul atmosferic pot fi în stare gazoasă, lichidă sau solidă, de natură organică sau anorganică, de provenienţă naturală sau industrială. Particulele alergene din aerul atmosferic sunt vehiculate la distanţe mari prin deplasarea maselor de aer.

Particulele alergene pot fi clasificate după natura lor în alergeni de natură vegetală, de natură animală şi de natură industrială.

Alergeni de natură vegetală

Ca alergeni de origine vegetală se cunosc:

Polenul; un număr mare de plante elimină în atmosferă granule de polen care au capacitatea de a produce stări alergice - polinoze.

Plantele care elimină în atmosferă polen alergizant sunt:

- gramineele, în perioada mai-septembrie;
- leguminoasele furajere (lucerna, trifoiul, sulfina);
- plantele de pădure (pinul, ienupărul, tuia, tisa, algele, lichenii, ciupercile, muşchii, ferigile);
- arborii cu polen puternic alergizant (plopul, teiul, arţarul, salcâmul), sau cu efecte mai reduse (mesteacăn, arin, carpen, alun, fag, stejar, castan, frasin);

Mucegaiurile; unele genuri de mucegaiuri (*Penicillium, Aspergillus, Fumigatus, Cladosporium* etc) au acţiune alergizantă.

Particule de origine vegetală; din categoria alergenilor de origine vegetală mai sunt cunoscuţi:

- fibrele textile (in, cânepa, bumbac);
- particulele de tutun;
- particulele de lemn;
- făina;
- gumele vegetale;
- particulele vegetale provenite din cultivarea şi prelucrarea ricinului;

Alergeni de origine animală

Particulele alergizante de origine animală pot fi:

- fragmente de păr din blănurile unor animale domestice sau sălbatice;
- descuamări epidermice provenite de la animale care de obicei acţionează împreună cu fragmentele de păr pe care le antrenează;
- fulgi de păsări domestice utilizaţi în domeniul casnic (perne,pilote).

Alergeni micşti

Reacţiile alergice pot fi produse de alergeni care fac parte din aceeaşi categorie sau, de cele mai multe oride alergeni existenţi sub formă de amestecuri – alergeni micşti.

Scanned with OKEN Scanner

Un exemplu de agent alergizant mixt este **praful de casă**; include atât elemente de natură vegetală cât şi animală, fulgi, peri, scuame de epidermă, fibre de bumbac, lână, in, cânepă, bacterii, mucegaiuri, acarieni. Praful de casă este alergenul cel mai răspândit, fiind implicat în aproximativ 50% din alergiile respiratorii şi în 6-8% dintre cele cutanate.

Alergeni de natura industrială

Substanţele chimice rezultate din procesele industriale, prezente în aerul atmosferic, pot produce reacţii alergice, prin mecanisme diferite. Din această categoric fac parte: mercurul şi compuşii săi, săruri ale metalelor grele, compuşi organocloruraţi, compuşi de beriliu, de cobalt, fibre de azbest, dioxid de sulf, aldehida formică, hidrocarburi saturate etc.

2.4.3. Poluanţi atmosferici de natură chimică

Substanţele poluante de natură chimică sunt deosebit de variate şi numeroase, astfel că nu există posibilitatea unei clasificări unice satisfăcătoare; se utilizează în prezent clasificarea care are drept criteriu **modul de acţiune al acestora asupra organismului uman şi animal.**

Această clasificare reuneşte grupe de substanţe poluante cu structuri chimice variate, stări de agregare diferite, dar care posedă mecanisme de acţiune asupra organismului comune sau apropiate.

Din acest punct de vedere poluanţii chimici se clasifică în poluanţi iritanţi, asfixianţi, toxici, cancerigeni, fibrozanţi.

Poluanţi iritanţi

Poluanţii cu acţiune iritantă includ un număr mare de substanţe chimice sub formă de gaze, vapori sau particule solide:

- oxizi de sulf (SO_2 şi SO_3);
- oxizi de azot (N_2O, NO, NO_2, N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5); din punct de vedere al poluării atmosferice sunt importanţi NO şi NO_2 pentru volumul emisiilor, toxicitatea ridicată şi capacitatea de a participa la reacţii fotochimice care au loc în atmosferă;
- substanţele oxidante reprezintă un grup de compuşi chimici cu acţiune puternic oxidantă: ozon, aldehide, cetone, hidrocarburi, nitrit de peracetil etc - substanţe care participă sau se formează în reacţii fotochimice care au loc în atmosfera;
- clorul;
- amoniacul;
- pulberile - particule solide dispersate într-un mediu gazos care este aerul atmosferic; pulberile au dimensiuni şi structuri chimice variate.

Efectele exercitate de poluanţii iritanţi asupra organismului pot fi acute sau cronice.

Efectele acute se caracterizează prin modificări patologice care apar la scurt timp după expunerea populaţiei la agenţi iritanţi:

Scanned with OKEN Scanner

- intoxicaţii acute care apar numai în condiţii accidentale şi se caracterizează prin leziuni conjunctivale şi corneene, sindrom traheo-bronsic, edem pulmonar toxic;
- creşterea morbidităţii populaţiei, prin agravarea bolilor respiratorii şi cardiovasculare;
- creşterea mortalităţii populaţiei, fie ca rezultat al agravării bolilor cardiovasculare şi respiratorii, fie prin manifestări toxice propriu - zise.

Efectele cronice sunt caracteristice expunerii organismului timp îndelungat la niveluri moderate de poluare ale aerului şi sunt mai frecvente decât cele acute.

În cazul poluanţilor iritanţi, care nu au proprietăţi cumulative, efectele cronice constau în modificări funcţionale urmate de alterări morfologice la nivelul aparatului respirator, principala cale de pătrundere în organism a poluanţilor iritanţi.

Modificările sunt de intensităţi variabile şi progresive, în funcţie de concentraţia poluantului şi timpul de expunere.

Poluanţi asfixianţi

Poluanţii asfixianţi sunt substanţe care produc hipoxia sau anoxia ţesuturilor organismelor umane şi animale. Printre cei mai cunoscuţi sunt monoxidul de carbon, hidrogenul sulfurat, acidul cianhidric şi cianurile, dioxidul de azot, nitriţii etc. Deşi efectele exercitate asupra organismului sunt similare, mecanismele prin care acţionează diferă în funcţie de substanţă.

Monoxidul de carbon şi dioxidul de azot se combină cu hemoglobina, formând compuşi noi care împiedică transportul de oxigen la nivelul ţesuturilor; acidul cianhidric şi cianurile împiedică utilizarea oxigenului la nivel tisular, iar hidrogenul sulfurat acţionează prin blocarea centrilori respiratori. Efectele toxice ale inspirării aerului, conţinând monoxid de carbon, se datoresc reacţiei dintre acesta şi hemoglobină când se formează carboxihemoglobina, astfel încât cantitatea de hemoglobină disponibilă pentru a forma oxihemoglobina care transportă oxigenul la ţesuturi este diminuată şi se instalează hipoxia.

Poluanţi toxici

Poluanţii cu acţiune toxică asupra organismului, numiţi şi "toxici sistemici" (xenobiotice), sunt diferiţi din punct de vedere chimic: pesticide, compuşi de plumb, de cadmiu, de mercur, de arsen, de fluor etc. Provin în aerul atmosferic din activitatea industrială, agricolă, transporturi rutiere etc.

Acţiunea poluanţilor toxici asupra organismului este specifică fiecărei substanţe, dar există anumite trăsături comune:

- acţionează la nivel subcelular, afectând funcţii şi structuri celulare;
- au capacitatea de a se cumula în organism până la concentraţiile necesare producerii intoxicaţiei sau apariţiei efectelor cancerigene, mutagene, teratogene.

Scanned with OKEN Scanner

Poluanţi cancerigeni

În aerul atmosferic pot există diferiţi compuşi pentru care s-a demonstrat acţiunea cancerigenă: nitrozamine, nitrozamide, pesticide organice, amine aromatice, epoxizi, anestezici volatili (eteri, derivaţi halogenaţi), substanţe anorganice (compuşi de Pb, As, Be, Ni, Cr, Cd, azbest), tutunul prin componente proprii şi cele eliminate prin fumul de ţigară etc.

Implicarea poluanţilor chimici din aerul atmosferic în producerea cancerului chimic profesional este unanim recunoscută şi confirmată clinic şi experimental.

Măsura în care factorii cancerigeni din aer contribuie la apariţia maladiilor neoplazice nu poate fi apreciată exact. Se ştie că mortalitatea prin cancer este mai mare în mediul urban decât în cel rural, în mediul cu aer poluat comparativ cu zonele nepoluate, la fumători faţă de nefumători. Este deci foarte probabil ca, pentru unele neoplazii, poluarea atmosferică să fie o cauză favorabilă sau chiar determinantă pentru declanşarea îmbolnăvirii.

Poluanţi fibrozanţi

Poluanţii fibrozanţi sunt, în mare majoritate, suspensii care se depozitează în plămâni, unde produc modificări ale ţesutului conjunctiv. Acestea pot fi proliferări de ţesut conjunctiv (fibroză pulmonară) sau redistribuiri ale ţesutului conjunctiv din peretele alveolar, care determină apariţia emfizemului pulmonar.

Printre cei mai cunoscuţi poluanţi fibrozanţi sunt dioxidul de siliciu, oxizii de fier, azbestul, compuşii beriliului, unii poluanţi iritanţi (NO_2, O_3), pulberile de ciment.

Agenţii fibrozanţi din atmosferă acţionează mai ales în mediul profesional, unde produc fibroze pulmonare specifice: silicoza - produsă de pulberi de SiO_2; sideroza - produsă de oxizi de fier; azbestoza - produsă de pulberi de azbest etc.

Modificările produse de poluanţii fibrozanţi au caracter benign în prima etapă, dar în timp există riscul transformării în tumori maligne (mai ales în cazul azbestozelor).

2.5. Factori care condiţionează poluarea şi autopurificarea aerului atmosferic

Poluanţii emişi în atmosferă sunt supuşi unor procese naturale care intervin în reducerea concentraţiilor (fenomene de autopurificare); prin deplasarea emisiilor poluante în alte zone aceste procese contribuie la intensificarea poluării.

Scanned with OKEN Scanner

Autopurificarea atmosferei reprezintă procesul prin care are loc reducerea sau îndepărtarea totală a poluanţilor sub acţiunea factorilor naturali de mediu.

Autopurificarea atmosferică are eficienţă satisfăcătoare în condiţiile în care emisiile de poluanţi sunt reduse, aerul păstrându-şi elementele componente în concentraţiile lor naturale.

Factorii care condiţionează poluarea şi autopurificarea aerului sunt: factori fizici atmosferici, factori geografici, factori urbanistici, factori chimici.

2.5.1. Factori fizici

Un rol determinant în menţinerea sau îndepărtarea substanţelor poluante din aer îl au factorii fizici: curenţii de aer, temperatura, umiditatea şi iradierea solară.

Curenţii de aer

Straturile de aer cu temperaturi diferite creează posibilitatea deplasării maseor de aer - curenţii orizontali şi verticali.

Deplasarea orizontală a curenţilor de aer realizează un proces eficient de dispersie al poluanţilor în atmosfera din apropierea scoarţei pământului, pe distanţe mari. Eficienţa este direct proporţională cu viteza de deplasare. Curenţii orizontali pot avea şi efecte negative, prin faptul că transportă şi răspândesc poluanţii în zone în care nu există surse de poluare, pe direcţia dominantă a curenţilor de aer.

Curenţii verticali se formează datorită diferenţei de temperatura între straturile inferioare şi superioare de aer.

În mod normal, straturile de aer din apropierea solului au temperaturi mai ridicate, comparativ cu cele situate la altitudine mai mare.

În aceste condiţii iau naştere curenţii verticali, ascensionali, care antrenează şi substanţele poluante până în straturile superioare ale atmosferei, unde sunt diluate şi dispersate de curenţii de aer orizontali.

Există situaţii în care, datorită menţinerii unor mase de aer cu temperaturi scăzute la suprafaţa solului iau naştere curenţi verticali descendenţi, situaţie cunoscută sub numele de "**inversie termică**". Aceasta permite menţinerea substanţelor poluante în zonele joase ale atmosferei; poate avea loc concentrarea poluanţilor până la niveluri periculoase. Razele solare, încălzind solul, neutralizează fenomenul de inversie termică; pe timp noros, cu ceaţă, acest fenomen poate persista perioade mai mari de timp.

Absenţa curenţilor de aer - calmul atmosferic - reprezintă un factor meteorologic de agravare a poluării, deoarece împiedică dispersarea şi deci diluţia poluanţilor în aer, atât pe verticală cât şi pe orizontală.

Temperatura

Temperatura influenţează poluarea şi autopurificarea atmosferei prin contribuţia determinantă la formarea curenţilor de aer şi la desfăşurarea reacţiilor fotochimice care au loc în atmosferă.

Scanned with OKEN Scanner

Umiditatea

Umiditatea atmosferei intervine în procesul de autopurificare prin vaporii de apă atmosferici şi precipitaţii. În atmosfera cu particule poluante în suspensie şi cu umiditate crescută este favorizată condensarea vaporilor pe particulele în suspensie, formându-se ceaţa care împiedică difuzia poluanţilor şi produce chiar acumularea lor.

Este cunoscută frecvenţa mai mare a zilelor cu ceaţă în zonele intens poluate.

Umiditatea atmosferică favorizează şi lărgeşte gama reacţiilor chimice dintre care au loc în atmosferă; astfel, oxizii sulfului se transformă în acid sulfuric:

$$SO_2 + O_2 \xrightarrow{h\nu} SO_4$$

$$SO_4 + O_2 \rightarrow SO_3 + O_3$$

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

Dioxidul de azot (NO_2) reacţionează cu apa, rezultând HNO_2 şi HNO_3:

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

$$2NO_2 + O_3 \rightarrow N_2O_5 + O_2$$

$$N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HNO_3$$

Aceste substanţe imprimă picăturilor de apă un caracter acid, fenomen cunoscut sub numele de "ploaie acidă" cu consecinţe nefavorabile asupra mediului ambiant (mai ales plantelor), organismului uman şi animal, construcţiilor etc.

Precipitaţiile (ploaia şi zăpada) reprezintă, în acelaşi timp, factori favorizanţi ai procesului de autopurificare atmosferică prin antrenarea şi depunerea pe sol a poluanţilor aerului (gaze şi particule în suspensie).

Iradierea solară

Iradierea solară favorizează reacţiile fotochimice între unii poluanţi şi constituenţii normali ai aerului sau între substanţele poluante. În funcţie de natura poluanţilor din aer se pot forma aşa-numiţii poluanţi secundari, mult mai nocivi pentru organismul uman şi pentru mediul ambiant.

2.5.2. Factori geografici

Relieful, împreună cu ***rfactorii meteorologici***, influenţează procesul de autopurificare atmosferică.

Scanned with OKEN Scanner

Relieful plat permite circulaţia aerului, facilitează dispersia poluanţilor şi favorizează autopurificarea atmosferică. Relieful denivelat este de regulă nefavorabil autopurificării aerului. În zonele declive se poate acumula aerul rece, mai dens, apare uşor inversia termică, sunt frecvente zilele cu ceaţă şi sunt condiţii pentru formarea smoguui oxidant.

Suprafeţele de apă (lacuri, mări, oceane) contribuie la reducerea poluării prin fixarea suspensiilor sedimentabile şi dizolvarea unor compuşi gazoşi. În zonele de litoral, curenţii locali - brizele - contribuie la reducerea concentraţiei poluanţilor din aer.

Vegetaţia fixează particulele în suspensie, rezultate din eroziunea solului şi alte surse naturale sau artificiale (incendii, transporturi rutiere). Frunzele plantelor favorizează autopurificarea atmosferei prin degajarea de oxigen, umidifierea aerului, fixarea unor poluanţi (CO_2, SO_2).

2.5.3. Factori urbanistici

Sistematizarea localităţilor rurale, dar mai ales urbane, intervine în mare măsură în autopurificarea atmosferică prin: amplasarea corectă a zonelor industriale şi a unor surse majore de poluare (gări, depouri, porturi, termocentrale), orientarea străzilor în funcţie de direcţia dominantă a curenţilor de aer, instituirea zonelor de protecţie sanitară, asigurarea spaţiilor verzi etc.

2.5.4. Factori chimici

Poluarea atmosferei poate fi provocată de **surse naturale** (incendii de păduri, erupţii vulcanice, polen, pulberi transportate de curenţii de aer), de **surse antropice** (activităţi umane ca: procese industriale, transporturi, agricultură, sisteme de încălzire etc) şi de **surse biogene** (compuşii organici volatili de natura biologică, specii chimice rezultate din metabolismul microbian etc).

Fiecare dintre sursele care contribuie la modificarea compoziţiei normale a aerului eliberează în atmosferă aşa-numiţii **poluanţi primari**, compuşi emişi ca atare în atmosferă: oxizi de carbon, oxizi de azot, oxizi de sulf, hidrocarburi şi alţi compuşi organici volatili (aldehide, cetone, compuşi organici cloruraţi etc).

Tot în categoria poluanţilor primari sunt incluşi compuşii organici volatili (COV) de natura biologică, care pot fi:

- specii chimice rezultate din metabolismul microbian în apă, în aer sau în sol;
- compuşi organici emişi de plante şi anumiţi arbori în atmosfera de la suprafaţa solului. Aceşti compuşi sunt implicaţi în producerea radicalilor hidroxil (HO·) în atmosferă. Spre exemplu, izoprenul este compus chimic rezultat din metabolismul unor arbori, numai în timpul zilei. Alături de izopren sunt prezenţi şi alţi compuşi, în special terpene. Elaborarea acestor compuşi (poluanţi de origine biogenă) este foarte dependentă de temperatura mediului. Izoprenul reacţionează cu radicalii hidroxil cu formarea ozonului şi a altor specii chimice.

Scanned with OKEN Scanner

În atmosfera mai mult sau mai puţin poluată pot avea loc, sub influenţa unor factori naturali (radiaţie solară, temperatură, umiditate) procese care pot contribui la intensificarea poluării.

Este vorba despre reacţiile chimice care au loc în atmosferă între componenţii naturali ai aerului, între aceştia şi substanţele poluante sau între substanţele impurificatoare existente. Produşii acestor reacţii sunt, în general, mai toxici decât compuşii iniţiali şi sunt cunoscuţi sub numele de **poluanţi secundari**. Aceste reacţii pot fi favorizate de particule în suspensie din aerul atmosferic, pe care se pot adsorbi diferite gaze.

Marea majoritate a poluanţilor secundari rezultă în urma unor reacţii fotochimice care au loc în atmosferă şi conduc la formarea **smogului fotochimic** (smog oxidant).

Constituirea smogului fotochimic este condiţionată de prezenţa simultană a oxizilor de azot, a hidrocarburilor şi a radiaţiei solare. Caracterul oxidant al unora dintre poluanţii secundari care formează smogul fotochimic (ozon, nitriţi şi nitraţi de peracil) explică denumirea de **smog oxidant** atribuită poluanţilor secundari.

2.5.4.1. Poluanţi primari

Principalele categorii de poluanţi primari prezenţi în aer şi care reprezintă precursori pentru smogul oxidant sunt: monoxidul de carbon, oxizii de azot, hidrocarburile, dioxidul de sulf.

Oxidul de carbon (CO)

Sursele de CO în atmosferă pot fi naturale şi antropice.

Emisiile naturale sunt importante cantitativ (de 10 ori mai mari decât emisiile datorate activităţii umane) şi sunt reprezentate de respiraţia umană şi animală, vegetalele superioare, alge, plancton.

Concentraţia medie naturală a monoxidului de carbon este de 0,1 mg/m^3 aer.

Emisiile antropice sunt datorate combustiei tuturor materialelor care conţin carbon (cărbune, lemn, hidrocarburi şi alţi compuşi organici). În timpul combustiei, la temperatură mai mare de 1000°C se formează exclusiv CO, care se oxidează la CO_2 dacă oxigenul este prezent în cantităţi suficiente. Durata de viaţă a monoxidului de carbon în atmosferă este de 30 de zile. În zonele urbane din Europa, 90% din emisiile de CO se datorează traficului rutier. Monoxidul de carbon intervine în procesele chimice care au loc în atmosferă, prin intermediul cărora afectează, indirect, clima. Interacţiunea CO cu radicalii HO· conduce la creşterea concentraţiei metanului în atmosferă. În prezenţa oxizilor de azot, CO este implicat în producerea ozonului troposferic.

Oxizii de azot (NO_X)

Oxizii de azot prezenţi în atmosferă sunt: protoxidul de azot (N_2O), monoxidul de azot (NO), şi dioxidul de azot (NO_2). Prezenţa simultană a ultimilor doi compuşi este evidenţiată prin formula NOx.

Scanned with OKEN Scanner

În aerul atmosferic oxizii de azot provin din surse naturale şi din activitatea umană.

Surse naturale: azotul atmosferic este fixat de vegetale şi de bacterii sub formă de nitrat; unele bacteri transformă nitraţii în azot molecular şi cantităţi mici de NO şi NO_2. Emisiile naturale de NOx sunt de 10 ori mai mari ca cele datorate activităţii umane.

Concentraţia naturală a NOx la nivelul solului este de 3 – 4 $\mu g/m^3$ de aer. NOx se formează prin reacţia între N_2 şi O_2, în timpul descărcărilor electrice. De asemenea, N_2O este oxidat la NO_2 în stratosferă, sub acţiunea ozonului şi a radiaţiilor UV.

Surse antropice; principala sursă de NOx în atmosferă este reprezentată de procesele de combustie (transport rutier, instalaţii de încălzire, procese industriale). N_2 şi O_2 formează NO la temperaturi mai mari de 1000°C; NO se transformă în NO_2 în contact cu aerul numai dacă concentraţia în sa este ridicată. La ieşirea din ţevile de eşapament a ale motoatelor vehiculelor, 10% din NO este oxidat:

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

Prin diluarea în aer a gazelor de eşapament, oxidarea NO la NO_2 încetează.

Cele mai mari cantităţi de NO_2 se formează în atmosferă prin interacţia NO cu O_2, în prezenţa radiaţiei solare şi a compuşilor organici volatili (hidrocarburi, aldehide, alcooli), conform reacţiilor:

$$RH + O_2 \rightarrow RO\cdot + HO\cdot$$

$$RO\cdot + O_2 + NO \rightarrow RO\text{-}O\cdot + NO_2$$

$$RO_2 + NO \rightarrow RO\cdot + NO_2$$

$$RH + HO\cdot \rightarrow R\cdot + H_2O$$

$$R\cdot + O_2 \rightarrow RO\text{-}O\cdot$$

$$RO\text{-}O\cdot + NO \rightarrow RO\cdot + NO_2$$

$$R\text{-}CHO + HO\cdot \rightarrow RCO\cdot + H_2O$$

$$RCO\cdot + O_2 \rightarrow RCOO\text{-}O\cdot$$

$$RCOO\text{-}O\cdot + NO \rightarrow R\cdot + CO_2 + NO_2$$

$$CO + HO\cdot + O_2 \rightarrow CO_2 + HO\text{-}O\cdot$$

$$HO\text{-}O\cdot + NO \rightarrow NO_2 + HO\cdot$$

Scanned with OKEN Scanner

În Europa, aproximativ jumătate din emisiile de NOx au ca sursă transportul rutier. În aerul urban, în condiţii meteo stabile (absenţa curenţilor de aer) se menţin concentraţii crescute de NOx.

Dacă sunt emişi direct în aer, la altitudini ridicate (motoarele avioanelor), oxizii de azot contribuie la scăderea nivelului ozonului stratosferic.

Durata de viaţă a NOx este de aproximativ 24 de ore. O parte din NOx se transformă în acid azotic, care împreună cu acidul sulfuric generează depunerile acide. În prezenţa luminii solare NOx împreună cu compuşii organici volatili, reprezintă precursori pentru poluanţii secundari – smogul oxidant.

Compuşi organici volatili (COV)

Această categorie de poluanţi primari cuprinde compuşi diferiţi:

Hidrocarburi (metan, etan, propan, butan şi molecule mai complexe);

Aldehide, cetone, alcooli, care afectează schimbările climatice pe două căi:

- creşterea concentraţiei metanului atmosferic (acţiune similară cu a CO), o dată cu reducerea radicalilor HO·;
- formarea ozonului troposferic; creşterea concentraţiei acestor compuşi contribuie la scăderea valorilor radicalilor HO·, prin reducera capacităţii de oxidare şi formarea unor concentraţii atmosferice ridicate de metan.

Micropoluanţi organici toxici: bifenili policloruraţi, dioxine, furani.

Emisiile naturale de compuşi organici volatili pe plan mondial (metabolismul şi descompunerea vegetalelor) reprezintă de 5 ori emisiile rezultate din activităţile umane. Emisiile antropice provin din transportul rutier, arderea combustibililor, procese industriale, evaporarea solvenţilor.

Metanul, gaz fără acţiune nocivă directă asupra organismului, la concentraţiile existente în aer, nu intervine în reacţiile fotochimice de formare a smogului. De aceea, numai compuşii organici volatili, alţii decât metanul (NMCOV) sunt consideraţi precursori ai poluanţilor secundari.

Compuşi organici volatili de origine biogenă

Vegetaţia este o sursă majoră de compuşi organici volatili reactivi, atât în zonele urbane cât şi în cele rurale.

Metabolismul vegetal, este sursa prezenţei în atmosferă a multor hidrocarburi incluzând alcani şi alchene; astfel, copacii cu lemn de esenţă tare emană izopren, diferite specii de plante emană etilenă iar metanul este emanat de plante, animale, insecte.

Unii COV aromatici (α şi β pinen) sunt emişi de conifere; aceeaşi compuşi rezultă în timpul tăierii, aşchierii, uscării lemnului de conifere în vederea obţinerii pastei de hârtie, a mobilei etc.

Hidrocarburile biogene (în special izoprenul şi monoterpenele) joacă un rol major în formarea şi acumularea ozonului, atât în zonele rurale cât şi în cele urbane, mai ales în anotimpul cald. Dependenţa emisiilor de izopren

Scanned with OKEN Scanner

de temperatură derivă din dependenţa de temperatură a izopren-sintetazei, enzima responsabilă de formarea ozonului. Umiditatea scăzută, temperatura şi intensitatea luminii au efecte directe asupra nivelului emanaţiilor de izopren.

Măsurători efectuate în ultimii ani au evidenţiat faptul că izoprenul este, dintre COV, specia chimică cea mai consumatoare de radicali hidroxil (HO·).

Izoprenul este precursor al unor compuşii organici oxigenaţi (metil, vinil cetona şi metacroleina) care se formează prin reacţii de fotooxidare. De asemenea, este probabil ca fotooxidarea izoprenului să fie sursă majoră de nitrat de peroxiacetil (PAN); acesta se formează din metil, vinil cetona şi metil glioxal care, prin oxidare formează radicali peroxiacetil, precursori de PAN.

2.5.4.2. Poluanţi secundari; smogul oxidant; formarea ozonului

Mecanismele de formare ale ozonului (O_3) sunt diferite, după cum reacţiile au loc în troposferă sau în stratosferă.

În *stratosferă*, O_3 se formează prin fotoliza O_2 sub acţiunea radiaţiilor UV cu lungimi de undă mai mici de 240 nm:

$$O_2 \xrightarrow{h\nu} O\cdot + O\cdot$$

$$O_2 + O\cdot \rightarrow O_3$$

Ozonul se descompune sub acţiunea radiaţiilor UV cu lungimi de undă mai mici de 310 nm:

$$2O_3 \xrightarrow{h\nu} 3\,O_2$$

Din aceste două reacţii rezultă că radiaţiile solare cu lungimi de undă mai mici de 310 nm sunt reţinute în stratosferă.

Concentraţia de ozon din stratosferă, numită „strat de ozon", depinde de viteza relativă de formare şi de descompunere a acestuia. Această concentraţie este în medie de 300 unităţi Dobson, ceea ce corespunde la un strat de ozon de 3 mm grosime, calculat în condiţii normale de temperatură şi presiune.

Formarea ozonului în *troposferă* are loc prin aceeaşi reacţie:

$$O_2 + O\cdot \rightarrow O_3,$$

dar, cum radiaţiile solare cu lungimi de undă mai mici de 240 nm nu pot ajunge în troposferă, atomul de oxigen nu poate proveni decât din fotoliza NO_2:

$$NO_2 \rightarrow NO + O\cdot$$

Scanned with OKEN Scanner

Rata reacţiei depinde de intensitatea luminii; reacţia nu are loc în timpul nopţii.

Fotoliza NO_2 nu conduce cantitativ la O_3; O_3 şi NO reacţionează şi se reface NO_2. Deci, formarea ozonului intră în competiţie cu oxidarea NO la NO_2. Această competiţie trece prin formarea radicalilor bogaţi în oxigen: hidroperoxizi (H-O-O·) şi peroxizi organici (R-O-O·).

Compuşii organici şi monoxidul de carbon sunt surse importante de radicali peroxidici.

Durata de viaţă a peroxizilor organici este redusă, deoarece participă la reacţii radicalice în care sunt implicaţi radicalii HO·. Aceste reacţii reprezintă combustii la temperature joase, condiţii în care CH_4, H_2 şi CO sunt oxidaţi la CO_2 şi H_2O.

Prezenţa simultană în aer a hidrocarburilor şi a oxizilor de azot, creşte disponibilitatea de radicali liberi. Acest mecanism de reacţie permite estimarea numărului maxim de molecule de ozon formate prin oxidarea unui anumit compus. Astfel, teoretic, fiecare atom de carbon din hidrocarburile saturate formează trei molecule de ozon. Pentru compuşii organici substituiţi (alcooli), atomul de carbon legat de gruparea hidroxil este parţial oxidat şi contribuie în mai mică măsură la formarea O_3.

În timp ce **O_3 din stratosferă absoarbe radiaţiile UV nocive, ozonul din troposferă intensifică efectul de seră prin** creşterea temperaturii de la suprafaţa solului.

Diferenţa de temperatură dintre radiaţiile absorbite de ozonul stratosferic şi radiaţiile redirecţionate spre suprafaţa pământului de ozonul troposferic, determină dimensiunea efectului de seră produs de ozon.

Reactivitatea mare a moleculelor de ozon favorizează consumarea lor în reacţii cu alte specii chimice din aer; condiţiile meteorologice influenţează stabilitatea ozonului, care poate persista în atmosferă de la câteva ore la câteva zile.

Trebuie reţinut faptul că *ozonul troposferic tinde să se concentreze în zonele urbane intens populate*, în care se acumulează mari cantităţi de compuşi organici volatili, precursori ai formării ozonului.

Numărul compuşilor organici implicaţi în reacţiile fotochimice din atmosferă este de ordinul sutelor. Participarea acestora la reacţiile fotochimice depinde de abilitatea de a forma radicali liberi prin reacţii chimice asociate cu procese de fotoliză.

Radicalul HO este cel mai important reactant în oxidările fotochimice. Uşurinţa cu care un radical reacţionează cu HO·este utilizată ca *indicator al reactivităţii unui compus organic în reacţiile fotochimice*.

Radicalii HO·se formează ubicvitar în atmosfera expusă la radiaţii solare. Aceşti radicali guvenează chimismul atmosperic din timpul zilei deoarece formarea lor depinde de radiaţiile solare. Aşa se explică de ce concentaţia radicalilor HO·tinde spre zero în timpul nopţii.

Scanned with OKEN Scanner

În timpul nopţii şi a zilelor noroase predomină reacţiile în care sunt implicaţi oxizii de azot (NO_2) şi ozonul.

$$O_2 \xrightarrow{hv} O\cdot + O\cdot$$

$$O_2 + O\cdot \rightarrow O_3$$

$$2O_3 \xrightarrow{hv} 3\,O_2$$

$$O_2 + O\cdot \rightarrow O_3$$

$$NO_2 \rightarrow NO + O\cdot$$

Prima dintre aceste secvenţe de reacţii implică fotoliza ozonului sub acţiunea radiaţiilor solare a căror lungime de undă este mai mică de 310 nm. Atomul de oxigen format reacţionează apoi cu apa şi formează radicali HO·. Prin acest mecanism de reacţie se produce o cantitate mică de radicali HO· (mai puţin de 3%), deoarece 97% dintre atomii de oxigen care se formează prin fotoliză ozonului reacţionează din nou şi formează ozonul.

Alte surse de HO· sunt:

- *fotoliza acidului azotos*:

$$NO + NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$
$$NO + NO_2 + HOH \rightarrow 2HONO$$
$$HO\bullet + NO \rightarrow HONO$$
$$HONO \rightarrow HO\cdot + NO$$
$$HO\cdot + HONO \rightarrow NO_2 + HOH$$
$$HONO + HONO \rightarrow NO + NO_2 + HOH$$

- *fotoliza peroxidului de hidrogen*:

$$CH_3\text{-}(CO)\text{-}O\text{-}O\text{-}NO_2 \rightarrow H\text{-}O\text{-}O\cdot + NO_2 + CH_3\text{-}CO\cdot$$
$$HO + CH_3\text{-}(CO)\text{-}O\text{-}O\text{-}NO_2 \rightarrow CH_3COOH + NO_2 + O_2$$
$$HO\text{-}O\cdot + H\text{-}O\text{-}O\cdot \rightarrow H_2O_2 + O_2$$
$$HO\text{-}O\cdot + H\text{-}O\text{-}O\cdot + H_2O \rightarrow 2H_2O_2 + \tfrac{1}{2}O_2$$
$$H\text{-}O\text{-}O\text{-}H \rightarrow 2HO\cdot$$
$$HO\cdot + H\text{-}O\text{-}O\text{-}H \rightarrow HO\text{-}O\cdot + H_2O$$

- *reacţia monoxidului de azot cu radicali hidroperoxid*:

$$HO\cdot + NO_2 \rightarrow HNO_3$$
$$HO\cdot + HNO_3 \rightarrow NO_3 + HOH$$
$$HOO\cdot + NO \rightarrow HO\cdot + NO_2$$
$$2HOO\cdot + NO_2 + CH_3CO\cdot = CH_3\text{-}CO\text{-}O\text{-}O\text{-}NO_2$$ (Peroxiacetil nitraţi, PAN), sau

- *reacţia dintre alchene şi ozon*:

$$O\cdot + H_2C{=}CH_2 + 3\,O_2 \rightarrow CH_2O + O_2 + CO + HOO\cdot + HO\cdot$$
$$HO\cdot\ H_2C{=}CH_2 \rightarrow O_2 + HCHO + H\text{-}O\text{-}O\cdot + R\text{-}CH{=}O$$
$$O_3 + 2\,H_2C{=}CH_2 + 3O_2 \rightarrow 2HCHO + 2CO + 2H\text{-}O\text{-}O\cdot + H_2O$$

Scanned with OKEN Scanner

Concentraţiile medii ale radicalilor hidroxil (HO·) sunt extrem de mici ($1 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^7$ molecule/cm^3).

Formarea radicalilor HO· este condiţionată de prezenţa vaporilor de apă; de aceea, concentraţia lor scade cu altitudinea deoarece aerul este mai rece şi mai uscat.

Radicalii HO· sunt foarte reactivi; durata de viaţă este ceva mai mică de o secundă; se consumă prin reacţii cu:

- monoxidul de carbon (40%), cu formarea dioxidului de carbon;
- compuşi organici (30%);
- metanul (15%);

Restul de 15% reacţionează cu ozonul, cu radicalii hidroperoxil şi cu hidrogenul gazos. Reactivitatea mare a radicalilor hidroxil este exemplificată şi prin reacţiile cu aldehida formică formată prin reacţia ozonului cu alchenele:

$$CH_2O + HO\cdot + O_2 \longrightarrow H{-}O{-}O\cdot + CO + H_2O$$

$$CH_2O + 2O_2 \xrightarrow{h\nu} 2\,H{-}O{-}O\cdot + CO$$

$$CH_2O \xrightarrow{h\nu} CO + H_2$$

$$CH_2O + O + O_2 \longrightarrow HO\cdot + H{-}O{-}O\cdot + CO$$

$$CH_2O + NO_2 \longrightarrow HNO_3 + H{-}O{-}O\cdot$$

$$CH_2O + HO\cdot + O_2 \longrightarrow H{-}O{-}O\cdot + CO + H_2O$$

$$CH_2O + 2O_2 \xrightarrow{h\nu} 2\,H{-}O{-}O\cdot + CO$$

$$CH_2O \xrightarrow{h\nu} CO + H_2$$

$$CH_2O + O + O_2 \longrightarrow HO\cdot + H{-}O{-}O\cdot + CO$$

$$CH_2O + NO_2 \longrightarrow HNO_3 + H{-}O{-}O\cdot$$

Dacă concentraţia NOx este crescută, comparativ cu cea a compuşilor organici, radicalii HO• pot fi consumaţi suprimând formarea ozonului.

În timpul unui episod fotochimic, pentru fiecare moleculă de NO se formează 1-3 molecule de ozon. În troposfera nepoluată producţia de ozon este mult mai mare (10 – 100 molecule de ozon pentru o moleculă de NOx).

Totuşi, formarea ozonului în atmosfera nepoluată este drastic limitată de disponibilitatea scăzută de NOx (concentraţia NOx în zonele continentale non-urbane variază între 50 şi 1000 ppt, iar în troposfera nepoluată între 10 şi 100 ppt.

Scanned with OKEN Scanner

Stabilitatea ozonului în atmosferă

Reducerea concentraţiei ozonului în atmosferă are loc prin descompunerea acestuia şi depunerea pe sol, pe suprafaţa mărilor şi oceanelor, pe plante. Vegetaţia este principalul receptor pentru ozon, care distruge moleculele organice în ţesutul vegetal, mai ales în timpul zilei şi în perioada de vegetaţie intensă a plantei.

Descompunerea ozonului prin fotoliză conduce la O_2 şi atomi de oxigen care:

- pot relua ciclul, cu formarea unor noi molecule de ozon,
- pot reacţiona cu vaporii de apă cu formarea radicalilor HO•
- pot reacţiona cu alte specii moleculare (NO, hidrocarburi nesaturate).

În zonele împădurite reacţia O_3 cu olefinele contribuie la scăderea concentraţiei acestuia în aceeaşi măsură cu depunerea pe vegetaţie. În zonele urbane poluate concentraţia O_3 scade, mai ales pe seama reacţiei cu NO şi prin oxidarea NO_2 la N_2O_5 care este convertit la HNO_3 şi formează depunerile acide. Această ultimă reacţie are loc mai ales vara, prin mecanism non-fotochimic.

În troposfera nepoluată calea principală de scădere a concentraţiei O_3 este fotoliza:

$$O_3 + NO_2 \rightarrow NO_3 + O_2$$
$$O_3 + h\nu \rightarrow O\bullet + O_2$$
$$O_3 + h\nu \rightarrow O\ 1\ D^*$$
$$O\ 1\ D \rightarrow O\circ$$
$$O\ 1\ D + H_2O \rightarrow 2HO\cdot$$
$$O_3 + HO \rightarrow H\text{-}O\text{-}O\cdot + O_2$$
$$O_3 + H\text{-}O\text{-}O\cdot \rightarrow HO\cdot + 2O_2$$

$O\ 1\ D^*$ = formă activată a atomului de oxigen

Smogul oxidant – formarea peroxiacil nitraţilor

Peroxiacil nitraţii $R\text{-}CO\text{-}O\text{-}O\text{-}NO_2$ nu sunt eliberaţi ca atare în atmosferă, ci se formează *in situ* prin reacţii fotochimice avînd ca precursori oxizi de azot şi compuşi organici volatili (NOx şi COV).

În funcţie de radicalul organic prezent, peroxiacil nitraţii pot fi:

- Peroxiacetil nitraţi (PAN) – $CH_3\text{-}CO\text{-}O\text{-}O\text{-}NO_2$;
- Peroxipropionil nitraţi (PPN) – $CH_3\text{-}CH_2\text{-}CO\text{-}O\text{-}O\text{-}NO_2$;
- Peroxibutiril nitraţi (PBN) - $CH_3\text{-}\ CH_2\text{-}CH_2\text{-}CO\text{-}O\text{-}O\text{-}NO_2$.

Dintre aceştia, peroxiacetil nitraţii joacă un rol important în chimia atmosferei.

Reacţiile prin care se formează PAN au la bază formarea radicalilor acetil prin oxidarea unor COV (hidrocarburi, alcooli, aldehide).

Spre exemplu:

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

$$CH_3\text{-}CHO + HO\cdot \rightarrow H_2O + CH_3\text{-}CO\cdot \qquad (1)$$

$$CH_3{-}CO\cdot + O_2 \longrightarrow CH_3{-}C(=O){-}O{-}O\cdot \qquad (2)$$

(2)

$$CH_3{-}C(=O){-}O{-}O\cdot + NO_2 \longrightarrow CH_3{-}C(=O){-}O{-}O{-}NO_2 \qquad (3)$$

(3)

În paralel cu reacţia cu NO_2, radicalul peracetil poate reacţiona şi cu NO cu formare de NO_2 şi radicali metil ($\cdot CH_3$). Aceştia, prin oxidare, conduc la formaldehidă, conform reacţiilor:

$$CH_3{-}C(=O){-}O{-}O\cdot + NO \longrightarrow NO_2 + CO_2 + CH_3\cdot \qquad (4)$$

$$CH_3\cdot + O_2 \longrightarrow CH_3{-}O{-}O\cdot \qquad (5a)$$

$$CH_3{-}O{-}O\cdot + NO \longrightarrow NO_2 + CH_3{-}O\cdot \qquad (5b)$$

$$CH_3{-}O\cdot + O_2 \longrightarrow H{-}O{-}O\cdot + H{-}CHO \qquad (5c)$$

(5)

Descompunerea PAN are loc numai dacă NO este prezent. Rata de descompunere a PAN se intensifică cu creşterea temperaturii.

Deci, nivelul PAN în atmosferă este dependent de temperatură, de raportul NO_2/NO, de competiţia între reacţiile 3 şi 4 şi de disponibilitatea şi reactivitatea COV care pot forma radicali acetil.

De aceea, relaţia între PAN din aer şi emisia precursorilor săi (COV şi NOx) nu este liniară şi este dependentă de concentraţiile în COV, O_3 şi NOx. Radicalii acil cu număr mai mare de atomi de carbon (propionil, n-butiril) conduc la formarea de peroxipropionil nitraţi (PPN) sau peroxibutiril nitraţi (PBN) şi nu PAN, care poate avea ca precursor direct etanolul care se oxidează la acetaldehidă. Raportul PPN/PAN poate fi *indicator al impactului utilizării etanolului drept aditiv pentru combustibilii autovehiculelor*, comparativ cu utilizarea gazolinei.

Variaţia diurnă a PPN cât şi raportul PPN /O_3 sunt similare celor pentru PAN.

Stabilitatea peroxiacetil nitraţilor în atmosferă

Stabilitatea PAN în atmosferă este limitată. Durata de viaţă pentru PAN, la presiune atmosferică şi T = 298 °K este de 35 de minute.

Evoluţia diurnă a compoziţiei smogului oxidant este exprimată prin raportul PAN/O_3. Descompunerea termică a PAN este foarte dependentă de temperatură; raportul PAN/O_3 descreşte cu creşterea temperaturii. Acest raport are valoare maximă în timpul nopţii (scăderea temperaturii favorizează stabilitatea PAN) şi valoare minimă la amiază, cînd temperatura este mai ridicată. Un maxim secundar se observă în orele dimineţii, în care disponibilitatea NOx este mai mare (intensificarea traficului rutier), favorizând formarea PAN

Reacţii care evidenţiază formarea şi descompunerea PAN în atmosferă:

$$H{-}O{-}O\cdot + NO \longrightarrow HO\cdot + NO_2$$

$$H{-}O{-}O\cdot + NO_2 + CH_3CO\cdot \longrightarrow CH_3{-}C(=O){-}O{-}O{-}NO_2 + H_2O$$

$$CH_3{-}C(=O){-}O{-}O{-}NO_2 \longrightarrow H{-}O{-}O\cdot + NO_2 + CH_3CO\cdot$$

$$CH_3{-}C(=O){-}O{-}O{-}NO_2 \longrightarrow NO_2 + CH_3COOH + O_2$$

Expunerea la PAN

Impactul peroxiacetil nitraţilor asupra sănătăţii umane, asupra vegetaţiei (acţiune fitotoxică) şi asupra mediului în general, justifică interesul specialiştilor pentru studierea acestui compus.

Convertirea expunerii umane exprimată prin ppb în µg/individ/zi permite evaluarea nivelului expunerii: 1 ppb PAN = 4,95 $\mu g/m^3$ la 25°C şi 1 atm şi, pentru cei 23 m^3 aer inspiraţi zilnic, reprezintă 114 µg/individ/zi.

La o concentraţie a PAN de 5 ppb în aerul inspirat, doza inhalată ar fi de 570 µg/individ/zi.

Umiditatea atmosferică favorizează şi lărgeşte gama reacţiilor chimice dintre diverşi poluanţi; astfel, SO_2 şi SO_3 se transformă în H_2SO_3 şi H_2SO_4, iar NO_2 reacţionează cu apa, rezultând HNO_2 şi HNO_3.

Aceste substanţe imprimă picăturilor de apă un caracter acid, fenomen cunoscut sub numele de "ploaie acidă" cu consecinţe nefavorabile asupra mediului ambiant, organismului uman şi animal, construcţiilor etc.

2.6. Factori care condiţionează efectul substanţelor poluante asupra organismului uman

Intensitatea efectelor nocive ale poluanţilor asupra organismului este condiţionată de factori dependenţi de natura poluanţilor, de particularităţile mediului ambiant şi de reactivitatea individuală a organismului uman.

Scanned with OKEN Scanner

Factori dependenţi de substanţa poluantă

Poluanţii din aer modulează intensitatea acţiunii toxice asupra organismului prin:

- structura chimică;
- proprietăţile fizico-chimice;
- concentraţie;
- calea de pătrundere în organism;
- timpul de expunere;
- prezenţa simultană a mai multor poluanţi.

Factori dependenţi de mediul ambiant

Particularităţile mediului ambiant influenţează intensitatea efectelor nocive ale poluanţilor asupra organismului uman prin:

- eficienţa proceselor de autopurificare;
- temperatura ambiantă care, de obicei, creşte nocivitatea poluanţilor.

Factori dependenţi de organism

Deşi la acţiunea toxică a poluanţilor din aer este expus un număr mare de persoane, efectele sunt diferite în funcţie de reactivitatea individuală care depinde de:

- starea de nutriţie;
- efortul fizic;
- vârsta;
- sex;
- stări fiziologice particulare;
- stări patologice;
- factori genetici;
- bioritm.

2.7. Efectele poluării aerului asupra mediului ambiant

Efectele poluării asupra sănătăţii se datoresc nu numai influenţei directe a poluanţilor asupra organismului uman ci şi indirect prin efecte multiple ale poluării asupra echilibrului ecologic, florei, faunei etc.

Efectele poluării aerului asupra microclimatului

Poluanţii atmosferici modifică regimul climatic al zonei prin reţinerea radiaţiilor ultraviolete şi calorice. Radiaţiile UV pot fi reţinute în proporţie de până la 20%, dar această scădere este compensată de o creştere a penetrabilităţii radiaţiilor prin creşterea concentraţiei unor poluanţi ca oxizi de azot, oxidanţi, fluor.

Reţinerea radiaţiilor calorice, în situaţii de poluare intensă, împiedică încălzirea solului şi creează condiţii favorabile apariţiei inversiei termice.

Scanned with OKEN Scanner

Reţinerea radiaţiilor UV şi termice are ca efect creşterea frecvenţei precipitaţiilor, creşterea nebulozităţii; creşte procentul zilelor înnorate cu 15-20%, creşte frecvenţa zilelor cu ceaţă; particulele din atmosferă constituie nuclei de condensare pentru vaporii de apă din aer.

Poluarea atmosferei modifică compoziţia chimică normală a aerului prin creşterea concentraţiei CO_2 care ar putea determina apariţia "efectului de seră".

Reducerea radiaţiilor solare micşorează luminozitatea cu 10-30% şi uneori chiar cu 50%.

Aceste modificări de microclimat creează senzaţia de disconfort, influenţând starea de sănătate a populaţiei.

Indicele de confort termic (ITU)

Indicele de confort termic, numit de meteorologi Indicator de Temperatură şi Umiditate (ITU) este un index care coroborează temperatura aerului cu umiditatea relativă pentru a determina o temperatură aparentă - cea resimţită de corpul uman. În mod normal, homeotermia este menţinută şi prin transpiraţie, proces în timpul căruia apa se evaporă; ca urmare caldura reţinută se diminuează. Atunci când umiditatea relativă este mare, procesul de evaporare al apei se reduce. Aceasta conduce la o răcire mai lentă a corpului, care reţine mai multă căldură decât în aer uscat. Indicele de confort termic nu reprezintă o anumită marime fizică, ci este gândit pentru a indica o intensitate a căldurii resimţite. Acest indice este un indicator orientativ, un model matematic, care se calculează după formule [(1) şi (2)] care includ ca variabile temperatura şi umiditatea relativă:

(1) **ITU = 0,81T + 0,01U (0,99T - 14,3) + 46,3**

(2) **ITU = (T x 1,8 + 32) - (0,55 – 0,0055 x U) (T * 1,8 + 32) – 58,** unde :

T = temperatura aerului, în grade Celsius

U = umiditatea relativă, în procente

Pentru valori mai mici sau egale cu 65 de unităţi se consideră "stare de confort", valori cuprinse între 66 şi 79 de unităţi reprezintă "stare de alertă", iar valori de peste 80 de unităţi reprezintă "stare de disconfort".

2.8. Incălzirea globală – consecinţă a poluarii atmosferice

Încălzirea globală este fenomenul de creştere a temperaturilor medii ale atmosferei în imediata apropiere a solului, precum şi a suprafeţei mărilor şi oceanelor.

Scanned with OKEN Scanner

Fenomenul de "încălzire globală" a început să îngrijoreze după anii '60, în urma dezvoltării industriale masive şi a creşterii concentraţiei gazelor cu efect de seră care sunt considerate în mare masura responsabile de acest fenomen. Gazele cu efect de seră reprezintă mai puţin de 1% din volumul total al atmosferei, dar contribuie la protejarea scoarţei terestre faţă de pierderile de căldură.

Efectul de seră este un fenomen natural care contribuie la reţinerea căldurii emise de suprafaţa terestră. La ora actuală, temperatura medie a suprafeţei terestre este în jur de 14 - 15°C. Fără efectul de seră, temperatura medie a scoarţei terestre ar fi de - 19°C. În atmosferă există concentraţii naturale de gaze cu efect de seră (vapori de apă, oxizi de carbon, metan şi oxizi de azot. Radiaţiile solare cu lungime de unda redusă traversează straturile de aer încălzind atmosfera, oceanele, suprafaţa pământului şi organismele vii. Energia calorică este răspândită în spaţiu sub forma de raze infraroşii, care sunt absorbite în parte, de gaze cu efect de seră, pentru a se reflecta înăa odaăa pe suprafaţa Pământului. Consecinţa acestui fenomen natural, numit "efect de sera" este menţinerea temperaturii medii anuale la suprafaţa pământului la 15° C, aşa-numitul "climat normal".

Principalele gaze cu efect de seră sunt vaporii de apă şi dioxiul de carbon; şi alte gaze (ozonul, metanul, dioxidul de azot şi unele tipuri de clorofluorocarburi, CFC) prezente în atmsfera intens poluată, contribuie la dezvoltarea acestui fenomen. Intensitatea efectului de seră datorată metanului este de 21 ori mai mare decit pentru dioxidului de carbon, iar pentru N_2O, de 200 ori mai mare decit pentru CO_2. Clorofluorocarburile intensifică efectul de seră de18 mii de ori mai mult decât CO_2.

Cauza principală a încălzirii globale este creşterea concentraţiei gazelor cu efect de seră, mai ales CO_2. Aceasta ar putea duce in perioada imediată la o creştere a temperaturii cu înca 2°C. Probabilitatea acestei evoluţii este mare dacă ţinem seama de dezvoltarea rapidă a economiilor bazate pe obţinerea energiei din combustibili convenţionali în China, India, Brazilia, Australia, Asia de Sud-Est sau în Europa de Est, în timp ce utilizarea surselor înlocuitoare, regenerabile de energie şi reţinerea CO_2 la centralele pe combustibili fosili avansează greu.

Pe langa dezvoltarea industrială, o altă cauza la fel de importantă pentru creşterea concentraţiilor de dioxid de carbon o reprezinta defrişările masive ale pădurilor. Acestea duc la o crestere a concentraţiei de noxe, ceea ce favorizează efectul încălzirii globale şi epuizarea stratului de ozon.

Pentru a stopa efectele negative provocate de aceste defrişări, specialiştii estimează că suprafeţele împădurite, la nivelul întregului glob ar trebui să crească cu 20% în următorii ani.

Concentraţia dioxidului de carbon în atmosferă a fost de 280 ppm la începutul secolului trecut; în prezent este de 430 ppm. Fără măsuri de reducere a emisiilor în anul 2035 concentraţia ar putea creşte la 550 ppm, mult peste capacitatea naturală de absorbţie. Consecinţa acestei evoluţii

Scanned with OKEN Scanner

este accentuarea efectului de seră şi implicit fenomenul de încălzire globală. Valorile creşterii temperaturii ca şi consecinţă a încălzirii globale reprezintă un subiect controversat. În raportul de evaluare întocmit în anul 2007, Grupul de Experţi Interguvernamentali asupra Evoluţiei Climei (GIEC) a apreciat o creştere a temperaturii medii a planetei de 0,74°C în perioada 1906-2005. Conform aceluiaşi raport, creşterea temperaturii va continua, însă durata, amploarea fenomenului şi consecinţele sunt greu de evaluat şi depind de rapiditatea şi eficacitatea cu care emisiile de gaze cu efect de seră vor fi reduse.

Activităţile umane care contribuie la încălzirea globală sunt: producerea şi utilizarea energiei (56%), CFC (17%), activităţi din agricultură (15%) şi din industrie.

Modelele climatice elaborate de specialiştii în domeniu estimează că temperatura globală va creste cu 1,1 - 6,4°C în cursul secolului XXI Estimările variază din cauza faptului ca nu poate fi prevazută evoluţia emisiilor de gaze care cauzează efectul de sera. De altfel, tendinţa de încălzire continuă a planetei în secolul XXI este relevată de foarte multe studii în domeniu. Foarte îngrijorator este faptul că aceste scenarii climatice arată că zonele polare se vor incalzi cel mai mult, ceea ce ar putea avea consecinte dramatice.

Efectele încălzirii globale

Încălzirea globală este mai mult de o simplă creştere a temperaturii aerului în apropierea suprafaţei terestre; aceste schimbări de temperatură, variabile după sezon şi latitudine modifică puternic intensitatea mişcărilor maselor de aer şi ciclurile hidrologice, cu consecinţe asupra repartiţiei precipitaţiilor şi perturbarea circulaţiei oceanice.

Expertii Grupului Interguvernamental asupra Evolutiei Climei au lansat un diagnostic alarmant asupra pericolelor încalzirii globale. Potrivit acestora, o încălzire cu 2 sau 3 grade Celsius pe plan global faţă de nivelul mediu de temperatură din 1990 va avea un impact negativ uriaş asupra tuturor regiunilor planetei. Până în anul 2080, circa 3,4 miliarde de oameni vor suferi de pe urma lipsei de apă provocată de topirea gheţarilor, iar alţi 600 de milioane de oameni vor suferi de foame de pe urma secetei, degradării şi salinizării solului.

Valurile de caldură - consecinţă a încălzirii globale - implică unele riscuri pentru sănătatea populaţiei, mai ales în zonele urbane, unde temperaturile sunt mai ridicate.

În lumea ştiinţifică există multe controverse legate de efectele încalzirii globale dar multe aspecte sunt unanim acceptate (schimbările climatice, modificarea nivelului marilor şi oceanelor, modificări geomorfologice, schimbări în agricultură etc).

Schimbările climatice pot fi traduse prin: creşterea temperaturii planetei cu 0.5-2 grade Celsius până în anul 2050, creşterea nivelului

Scanned with OKEN Scanner

precipitaţiilor, modificarea distribuiţiei precipitatiilor, creşterea frecvenţei furtunilor tropicale. Pentru a evita aceste efecte ale încălzirii globale, ar trebui ca, până în anul 2050, emisia gazelor cu efect de seră să scadă de două ori la nivel mondial şi de patru ori pentru ţările industrializate.

Stratul de ozon (format in atmosfera înaltă a Pământului în prezenţa radiaţiei ultraviolete solare) protejează suprafaţa Pământului de radiaţiile solare.

Studiile privind încălzirea globală se realizează pe probe de gheaţă din Antarctica. Fiecare strat de zapadă care cade anual în Antarctica se transforma într-un strat de gheaţă. Gheaţa include în ea şi mici bule de aer. Analiza bulelor de aer (utilizând izotopii radioactivi ai oxigenului ^{16}O şi ^{18}O) permite obţinerea de date privind:

- temperatura şi compoziţia atmosferei în momentul formării bulei de aer;
- data la care s-a format stratul de gheaţă.

Studii ştiinţifice recente au pus în evidenţă modificările produse de schimbarea climei asupra sistemelor naturale şi au analizat măsurile de specifice de adaptare pentru ca aceste modificări să fie minime, astfel încât să fie asigurată existenţa şi dezvoltarea pe termen lung a societăţii umane.

Măsurile de adaptare se referă, în principal, la procedeele de diminuare a vulnerabilităţii ecosistemelor naturale la schimbarea climei; măsurile de reducere a consecinţelor încălzirii globale privesc diminuarea emisiilor de gaze cu efecte de seră, rezultate în urma activităţii umane. Convenţia Cadru a Naţiunilor Unite asupra schimbărilor climatice, adoptată în 1992, atrage atenţia asupra creşterii emisiilor în atmosferă a gazelor cu efect de seră ca urmare a activităţilor umane.

Protocolul de la Kyoto (1997) la Conventia-cadru a Naţiunilor Unite asupra schimbărilor climatice, privind protecţia mediului şi dezvoltarea durabilă nominalizează gazele cu efect de seră ca fiind: dioxidul de carbon, metanul, oxizii de azot, hidroflorocarburile, perflorocarburile şi hexafluorurile de sulf.

Efectul de seră datorat acestor emisii determină o încălzire suplimentară a scoarţei terestre, cu efecte negative asupra ecosistemelor şi a sănătăţii organismului uman.

Stratul de ozon şi încălzirea globală

Peste 90% din cantitatea de ozon existentă în atmosferă este situată intre 10 si 40 km altitudine, în stratosfera; concentraţia maximă se află la aproximativ 30 km altitudine.

Se estimează că atmosfera terestră conţine 3 miliarde de tone de ozon, care acţionează ca o patură in jurul pamantului. Ozonul stratosferic se masoara în unităţi **Dobson (DU).** O unitate Dobson (DU) reprezintă cantitatea de ozon care se afla într-un strat de ozon pur de grosime 0,01 mm, în condiţii normale, sau altfel spus, o unitate Dobson (1DU) reprezintă

Scanned with OKEN Scanner

un strat de ozon cu grosimea de 10 µm (micrometri) şi conţine 2.69×1020 molecule ozon/m^2.

Dacă tot ozonul stratosferic ar fi comprimat ca un strat uniform în jurul Pamântului, în condiţii normale de temperatură (0°C) şi presiune (1 atm), ar forma un strat cu grosimea de 3mm, adică 300 DU; acest strat protejeaza complet Pamântul de radiaţia ultravioletă de tip B (cu lungimea de undă între 240nm şi 320nm), nocivă pentru vegetaţie, amimale şi pentru organismul uman. În capitolul anterior „Factori care condiţionează poluarea şi autopurificarea aerului atmosferic" au fost prezentate reactiile fotochimice prin care se formează, respectiv este descompusă molecula de ozon.

Fotoliza ozonului prin absorbţia radiatiei ultraviolete (de tip B) este însoţită de emiterea de căldură – radiaţii infraroşii. Stratul de ozon acţionează ca un protector al Pamântului împotriva radiatiei ultraviolete solare prin absorbţia radiatiei de tip B, care astfel, nu mai ajunge pe Pamânt. Aceasta înseamna ca viaţa tuturor organismelor vii: plante,animale,om nu mai este pusă in pericol. Acest proces este natural şi asigură **echilibrul atmosferei terestre şi protecţia vieţii pe Pamânt.**

Ozonul din straturile superioare ale atmosferei este cunoscut si sub numele de "ozon bun". Distrugerea acestui strat de către poluanţii din atmosferă (gazele de sera) duce la intensificarea efectului de seră, iar in timp poate duce la dispariţia vietii pe pamânt datorită creşterii temperaturii.

În straturile inferioare ale atmosferei (troposfera) este prezent "ozonul rău" cu efecte nocive asupra organismului uman (uscaciunea gurii, tuse, iritarea mucoasei nazale, dificultăţi în respiraţie, dureri de cap, febră, iritaţii la nivel ocular, lăcrimare etc). "Ozonul rau" se formează în straturile joase ale atmosferei şi duce la poluare de tip fotochimic, smogul fotochimic.

Substanţele care stau la baza formării ozonului troposferic sunt oxizii de azot (No_x) şisi compusii organici volatili (COV).

Ozonul troposferic atacă ţesuturile vegetale şi animale şi poate chiar să provoace efectul de seră.

Începând cu anul 1974, cercetătorii semnalat că la Polul Sud şi mai puţin la Polul Nord a apărut o „gaură" in stratul de ozon, adică în aceste zone a scăzut foarte mult concentraţia de ozon în stratosfer; la distrugerea stratului de ozon contribuie avioanele supersonice prin gazele poluante emanate, precum şi unii produşi chimici cum sunt freonii (clorfluorocarbonii CFC) utilizaţi în instalaţiile frigorifice sau la fabricarea spray-urilor, radicalii HO, oxizii de azot etc.

Efectele poluării aerului asupra florei şi faunei

Poluarea aerului atmosferic afectează flora şi fauna; în unele situaţii sensibilitatea unor specii vegetale şi animale este mai mare decât a omului.

Plantele sunt afectate de gaze toxice şi pulberi, sensibilitatea lor faţă de poluanţi fiind în funcţie de specie.

Scanned with OKEN Scanner

Acţiunea poluanţilor se manifesta prin decolorarea frunzelor, apariţia unor reflexe metalice la suprafaţa frunzelor (distrugerea celulelor parenchimatice de sub epidermă de către oxidanţii din atmosferă), căderea frunzelor şi chiar distrugerea vegetaţiei.

Plante foarte sensibile la acţiunea poluanţilor sunt coniferele, arborii fructiferi, vita de vie, florile (mai ales trandafirii şi gladiolele), lichenii.

Mai rezistente la poluare sunt salcâmul şi stejarul.

Animalele (insecte, păsări, animale mari, în special domestice) pot fi afectate de aerul poluat, mai ales de prezenţa fluorului, plumbului, arsenului, cadmiului, oxizilor de sulf şi de azot.

Cei mai sensibili la acţiunea poluanţilor sunt viermii de mătase şi albinele.

Majoritatea efectelor, directe sau indirecte, produse de poluarea aerului asupra plantelor şi animalelor se concretizează, în final, în constrângeri economice pentru om. În paralel, poate avea loc acumularea unor poluanţi în ţesuturi sau organisme vegetale şi animale de unde, prin alimente, ajung în organismul uman, producând intoxicaţii acute sau cronice.

Efectele poluării aerului asupra construcţiilor, monumentelor, obiectelor de artă etc.

Poluanţii atmosferici au acţiuni distructive asupra materialelor utilizate în construcţii, producând degradarea clădirilor, monumentelor, a picturilor, precum şi a obiectelor metalice (acoperişurile caselor, coşurile şi gardurile metalice, autovehiculele). Poluanţii atmosferici au o contribuţie mai mare la degradarea construcţiilor şi obiectelor metalice decât factorii meteorologici.

Principalii poluanţi care determină degradarea materialelor sunt: dioxidul de carbon care acţionează asupra construcţiilor din ciment; compuşii sulfului, care sub formă de H_2SO_3 şi H_2SO_4 afectează materialele feroase şi neferoase, pielea, hârtia, textilele, iar sub formă de H_2S afectează picturile prin combinarea cu ionii de plumb; acidul fluorhidric afectează sticla şi emailurile; ozonul şi substanţele oxidante contribuie la degradarea cauciucului etc.

2.9. Măsuri de prevenire şi combatere a poluării aerului

Protecţia mediului înconjurător prin prevenirea şi combaterea poluării aerului atmosferic reprezintă o problema de interes internaţional şi naţional şi constituie parte integrantă din activitatea generală de dezvoltare economico-sociala a unei societăţi.

Măsurile de prevenire şi combatere a poluării atmosferei cuprind măsuri generale care pot fi tehnice, administrative, urbanistice, medicale şi măsuri specifice unei anumite ramuri industriale sau unei anumite categorii de poluanţi.

Scanned with OKEN Scanner

Măsuri medicale

Măsurile medicale de prevenire şi combatere a poluării aerului se referă la:

- cunoaşterea prezenţei în aer a substanţelor chimice cu acţiune nociva asupra organismului uman;
- evaluarea exactă a nocivităţii poluanţilor în scopul fixării concentraţiilor maxime admisibile;
- supravegherea permanentă a respectării legislaţiei sanitare de către întreprinderile a căror procese tehnologice provoacă poluarea atmosferei.

În condiţiile vieţii moderne, contactul omului cu aerul atmosferic poluat este inevitabil, deoarece nu se poate realiza o atmosferă complet nepoluată.

Organismul uman tolerează anumite substanţe străine de compoziţia chimică normală a aerului, dacă acestea nu depăşesc concentraţii peste care este favorizata apariţia unei patologii legate de poluarea aerului.

Aceste concentraţii prag sunt cunoscute sub numele de Concentraţii Maxime Admisibile (CMA) şi stabilirea lor urmăreşte identificarea valorilor peste care este prezent riscul pentru sănătate.

Definiţia dată de OMS pentru CMA: "Concentraţia Maximă Admisibilă de poluanţi reprezintă acea concentraţie, decelabilă prin metode moderne de explorare, care nu exercită efecte directe sau indirecte asupra stării de sănătate, nu produce senzaţii subiective şi nu modifică capacitatea de muncă a omului ".

Exprimarea CMA se poate face în mai multe forme:

Concentraţia Maximă Momentană - concentraţia permisă pentru o perioadă de expunere de 30 minute.

Concentraţia Medie Zilnică - valoarea medie a concentraţiei poluantului timp de 24 de ore (valoarea se determină pe minimum 12 probe).

Concentraţia Medie Anuală - media pe 12 luni.

Concentraţii de avertizare - atrag atenţia populaţiei, în condiţiile unei poluări excesive asupra unor riscuri imediate, indicând luarea unor măsuri de urgenţă (încetarea unor anumite activităţi industriale, limitarea circulaţiei autovehiculelor sau chiar evacuarea populaţiei din zona poluată).

Dar, de obicei, poluanţii se găsesc în atmosferă în amestec, fiind prezenţi simultan 2 sau mai mulţi compuşi.

CMA, în aceasta situaţie, se stabileşte după formula:

$$C_1/CMA_1 + C_2/CMA_2 + C_3/CMA_3 + ... + C_x/CMA_x < 1$$

Normele stabilite sunt mai mici pentru aerul din zonele locuite, deoarece aici sunt expuse toate categoriile de populaţie, iar timpul de expunere este permanent.

Scanned with OKEN Scanner

Supravegherea permanentă a calităţii aerului se face de către laboratoare de specialitate, prin determinări de substanţe chimice din aer, permanente sau periodice, în puncte fixe sau mobile.

Concentraţiile poluanţilor sunt exprimă în mg/dm^3 pentru gaze şi vapori şi mg/m^2 pentru pulberi.

Legislaţia comunitară în domeniul calităţii aerului atmosferic este publicată în Directiva 2008/50/CE a Parlamentului European şi a consiliului din 21 mai 2008 privind calitatea aerului înconjurător şi un aer mai curat pentru Europa (Anexa III)

Măsuri tehnico-administrative

Măsurile tehnice şi administrative de combatere a poluării aerului urmăresc reducerea până la nivelul CMA a cantităţilor de poluanţi eliminate de diferite surse. Aceste măsuri privesc atât sursele de poluare cât şi teritoriul expus emisiilor poluante.

Măsurile privind *sursele de poluare* se referă la:

- utilizarea, în scopul obţinerii energiei termice a unor combustibili de calitate superioară şi asigurarea unei arderi cât mai complete;
- utilizarea în industrie a unor materii prime cât mai pure, care să nu emită poluanţi în atmosferă;
- înlocuirea proceselor tehnologice poluante;
- utilizarea instalaţiilor de reţinere a poluanţilor din diferitele procese tehnologice;
- reducerea emisiilor toxice în gazele de eşapament, prin utilizarea unor combustibili de calitate superioară.

Măsurile privind *teritoriul expus emisiilor poluante* cuprind:

- sistematizarea corectă a centrelor populate, cu zonarea teritoriului şi amplasarea corectă a zonelor industriale în funcţie de caracteristicile terenului şi direcţia vântului dominant;
- asigurarea zonelor de protecţie sanitară corespunzătoare şi amenajarea perdelelor vegetale de protecţie în jurul acestora; în afara acestor zone, CMA ale poluanţilor nu pot fi depăşite;
- în oraşe, asigurarea distanţelor corespunzătoare între clădiri, orientarea corectă a străzilor, care permit desfăşurarea unui proces corespunzător de autopurificare a aerului atmosferic;
- asigurarea suprafeţelor cu spaţii verzi pentru fiecare locuitor, conform normelor igienico-sanitare; prezenţa oglinzilor de apă contribuie la reducerea poluării aerului;
- limitarea circulaţiei autovehiculelor în incinta oraşelor prin dirijarea traficului spre autostrăzi de centură.

Scanned with OKEN Scanner

SOLUL – ELEMENT DE MEDIU

Solul este definit ca acea parte a scoarţei pământului în care se petrec procese biologice. Solul reprezintă un element important al mediului ambiant, deoarece prin structura şi compoziţia sa exercită influenţe specifice asupra organismului uman şi a colectivităţilor în general. Structura şi proprietăţile solului sunt determinate, în principal, de clima şi de vegetaţia zonei respective; la rândul său, solul contribuie la realizarea diferitelor tipuri de climă şi la dezvoltarea florei şi faunei ce stau la baza alimentaţiei omului.

La nivel mondial, s-a estimat că numai circa 22% din suprafaţa terestră este reprezentată de soluri fertile, uşor cultivabile, ceea ce înseamnă mai puţin de trei miliarde de hectare. În zonele cu climă temperată (Canada, Statele Unite, Rusia, Europa), sunt cele mai fertile soluri datorită conţinutului lor mare în humus; în partea de sud a globului terestru, clima caldă a determinat formarea unor soluri de culoare roşiatică, mai puţin fertile, bogate în hidroxid feric, greu cultivabile.

Solul conţine aproximativ 80% din biomasa globului pământesc. Biomasa reprezintă masa totală de organisme vii, măsurată pe unitatea de suprafaţă. Specialiştii consideră că, graţie numărului şi diversităţii lor mari, vieţuitoarele care constituie microflora respectiv microfauna unui sol, joacă un rol esenţial, în procesul de formare al unui anumit tip de sol şi al proprietăţilor acestuia. Organismele vegetale şi animale conferă proprietăţile fizice şi biochimice necesare fertilităţii solurilor, servesc ca surse de nutrienţi pentru plante, suprimă agenţii patogeni externi şi descompun poluanţii (contaminanţii). Viaţa biologică care se desfăşoară în sol este deosebit de importantă în procesul de descompunere a materiilor organice din acest element de mediu.

Solul este de asemenea un element important în circuitul apei în natură. Apa provenită din precipitaţii se infiltrează în sol, prin porii acestuia, ajunge în straturile superficiale sau profunde, impermeabile, formând stratul de apă freatică; apa din sol este utilizată, fie de către plantele ce cresc pe acesta, fie de om, ca sursă de apă subterană.

Solul interferă cu efectul de seră în sensul că funcţionează ca un reactor biologic ce joacă un rol esenţial în echilibrul marilor circuite naturale: circuitul carbonului, al azotului sau al sulfului. În fiecare an, circa două miliarde de tone de carbon sunt stocate în materia organică din sol, din care un sfert provine din atmosferă, ca urmare a activităţii oamenilor.

Transformarea unui sol fertil în sol nefertil, necultivabil, se poate datora şi acumulării carbonului în exces.

Scanned with OKEN Scanner

În prezent, solul este supus unor numeroase şi variate agresiuni a căror efecte combinate determină modificarea caracteristicilor fizice, chimice şi biologice ale acestuia. Organizaţia pentru Alimentaţie şi Agricultură (Food and Agricultural Organisation, FAO) estimează că în fiecare an, suprafeţe extinse de teren arabil sunt supuse eroziunii, poluării, salinizării sau urbanizării. Dacă se continuă în acest ritm, terenul arabil de pe întreg globul pământesc ar putea să dispară în jur de trei sute de ani.

În consecinţă, cunoaşterea interdependenţei dintre om şi sol, ca factor de mediu, justifică necesitatea studierii solului, atât a compoziţiei chimice normale cât şi a posibilităţilor şi gradului de impurificare, cu influenţe directe sau indirecte asupra stării de sănătate a omului – principalul beneficiar al unui mediu ambiant corespunzător calitativ.

3.1. Proprietăţile fizice ale solului

Proprietăţile fizice ale solului sunt determinate de procesele ce au stat la baza formării lui şi sunt acele caracteristici care se pot aprecia cu ochiul liber, prin pipăire sau prin metode specifice. Dintre acestea amintim: culoarea, textura, structura, permeabilitatea, capilaritatea, selectivitatea, temperatura, pH-ul.

1) Culoarea solului

Culoarea solului este determinată de conţinutul în substanţe organice şi de permeabilitatea acestuia pentru aer şi apă. De exemplu, culorile deschise se datorează unui conţinut scăzut de substanţe organice, în timp ce culorile închise (brun, negru) sugerează un conţinut mare de materii organice.

2) Textura solului

Textura solului este o caracteristică fizică care se referă la natura şi distribuţia particulelor solide ce intră în constituţia unui anumit tip de sol. După natura lor, aceste particule se împart în trei categorii: nisipoase, argiloase şi nămoloase.

Particulele de nisip se pot observa cu ochiul liber, având dimensiuni cuprinse între 2,00-0,05 mm; particulele de nămol se pot observa numai la microscop şi au dimensiuni de 0,05-0,02 mm; particulele de argilă nu se pot observa decât cu ajutorul unui microscop electronic, ele având dimensiuni foarte mici, sub 0,002 mm.

Procedeul utilizat în laborator, în scopul determinării distribuţiei acestor particule într-un anumit sol reprezintă analiza mecanică a solului.

Pentru a determina textura unui anumit tip de sol se utilizează un triunghi de tipul celui prezentat în figura 2. Pe fiecare latură a triunghiului sunt indicate procentele dintr-un anumit tip de particule. Punctele de intersecţie a celor trei linii trasate dinspre fiecare latură a triunghiului indică categoria de textură în care se încadrează solul respectiv. De exemplu, dacă un anumit sol

Scanned with OKEN Scanner

conţine 20% argilă, 40% nisip şi 40% nămol, se spune că solul este de tip argilos.

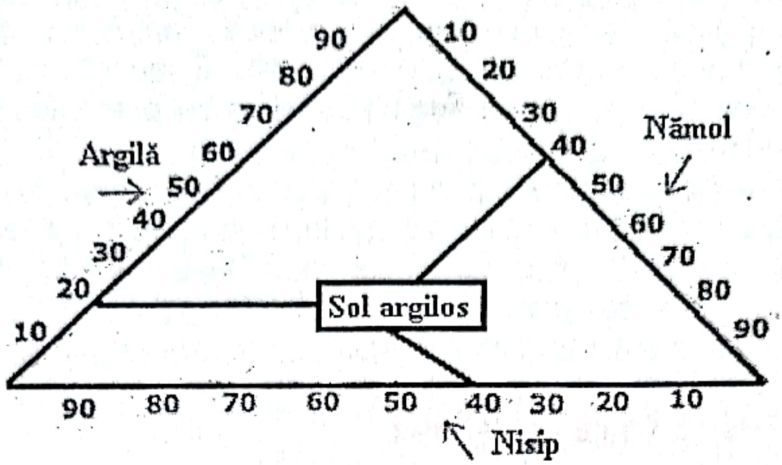


Fig. 2 – **Model triunghiular utilizat la determinarea texturii solului**

3) Structura mecanică a solului

Structura mecanică este o altă proprietate fizică a solului care se referă la modul de aranjare a particulelor individuale sau agregatelor ce intră în constituţia acestuia. De cele mai multe ori, particulele solide se asociază în agregate de diferite forme şi dimensiuni care determină de fapt arhitectura solului. Sunt şi soluri în care particulele nu formează astfel de agregate - solurile nisipoase.

Structura solului este o caracteristică extrem de complexă, de care depinde fertilitarea solului. Geneza structurii solului include un ansamblu de procese fizice, chimice şi biologice de o deosebită complexitate; un rol activ în formarea structurii îl are materia organică, hidroxizii de fier şi de aluminiu, argila şi carbonatul de calciu.

4) Consistenţa solului

Consistenţa solului este o altă proprietate complexă, strict legată de structura solului respectiv; aceasta se referă la forţele de adeziune dintre particulele sau agregatele ce formează solul, dar şi la rezistenţa solului la aplicarea unei forţe exterioare. Solurile coerente au o rezistenţă mare, dar nu sunt favorabile trecerii apei, dezvoltării rădăcinilor plantelor şi a organismelor animale.

Între unităţile structurale ale solului (particule sau agregate) rămân spaţii libere numite pori prin care se vor deplasa apa, aerul, rădăcinile plantelor, nutrienţii şi chiar poluanţii. Porozitatea solului este dependentă de textura, respectiv structura solului. Astfel, solurile nămoloase şi argiloase au un număr mare de pori, dar de dimensiuni mici; solurile nisipoase sunt practic lipsite de pori, aceste soluri fiind puţin structurate (particulele individuale nu sunt legate puternic între ele).

Scanned with OKEN Scanner

5) **Permeabilitatea solului**

Permeabilitatea este proprietatea solului de a fi străbătut de aer şi apă. Deci, poate fi o permeabilitate pentru aer şi alta pentru apă.

Permeabilitatea pentru aer a solului este determinată de *mărimea porilor* şi *nu de volumul total* al acestora. Cu cât solul conţine o cantitate mai mare de aer, cu atât procesele biologice care se petrec în sol sunt mai intense şi solul este mai salubru. Cantitatea de aer teluric este în funcţie de presiunea atmosferică şi de cantitatea şi comportarea apei subterane.

În general, datorită proceselor geochimice, biologice şi biochimice care au loc în sol, mai ales prin descompunerea substanţelor organice, compoziţia aerului din sol (aer teluric) este diferită de cea a aerului atmosferic, în sensul scăderii conţinutului de oxigen şi creşterii procentului de dioxid de carbon.

Permeabilitatea pentru apă a solului este determinată de *mărimea porilor şi de volumul total al acestora*. Se cunosc soluri permeabile "în mare" ca pietrişul şi nisipul care sunt uşor străbătute de apă şi soluri permeabile "în mic" ca argila şi turba care reţin apa şi sunt greu străbătute de aceasta.

Cu cât porozitatea unui sol este mai mare, cu atât apa este mai uşor reţinută; nisipul are porozitatea în jur de 35%, iar argila, de peste 65%.

Apa din sol are un rol important în existenţa vegetaţiei de pe sol dar şi în diferitele procese biologice şi biochimice care se petrec în sol. Eliminarea aerului de către apă în porii solului are un efect negativ asupra salubrităţii acestuia. În acelaşi timp, solurile cu permeabilitate mare pentru apă nu pot proteja corespunzător apa subterană.

6) **Capilaritatea solului**

Capilaritatea solului este o proprietate dependentă de structura mecanică a acestuia şi reprezintă *capacitatea solului de a permite apei subterane să se ridice prin porii săi către straturile superficiale*.

! Capilaritatea este în raport invers cu permeabilitatea; cu cât solul este mai permeabil pentru apă cu atât capilaritatea este mai redusă. În cazul solurilor cu porozitate mică (nisip) timpul de ascensiune al apei este scurt (de ordinul minutelor), iar nivelul este redus (0,3-0,5 m), pe când în cazul solurilor cu porozitate mare (argile) timpul de ascensiune este ridicat (ore), iar nivelul este ridicat (1,5-2 m).

Importanţa sanitară a capilarităţii solului este în corelaţie cu salubritatea construcţiilor; cu cât solul are o capilaritate mai mare cu atât apa subterană se poate ridica mai mult în porii solului şi poate trece în porii materialelor de construcţii provocând "igrasia" cu consecinţe negative asupra stării de sănătate a persoanelor care locuiesc în spaţiul respectiv.

Cunoaşterea capilarităţii solului are importanţă sanitară în amplasarea corectă a grupurilor sanitare, platformelor de depozitare ale reziduurilor, puţurilor absorbante care pot polua apa subterană, cu conscinţele cunoscute.

Scanned with OKEN Scanner

7/ Selectivitatea solului

Selectivitatea este o altă proprietate fizică importantă a solului prin care se înţelege capacitatea acestuia de a reţine în porii săi diferite impurităţi care îl străbat, impurităţi purtate atât de aer cât mai ales de apă. Selectivitatea se bazează pe fenomene de adsorbţie la nivelul granulelor de sol.

În general, solurile greu permeabile sunt soluri cu grad mare de selectivitate; sunt reţinute mai ales impurităţile prezente ca suspensie şi microorganismele şi într-o măsură mai redusă substanţele dizolvate.

Selectivitatea este una dintre cele mai importante calităţi igienico - sanitare ale solului deoarece *realizează protecţia sanitară a apelor subterane.*

8/ Temperatura solului

Temperatura este o proprietate fizică a solului dependentă de structura mecanică, de natura şi de compoziţia chimică a solului.

După cum se ştie, solul primeşte căldura de la soare prin radiaţiile calorice ale spectrului solar, de la masa incandescentă din centrul pământului cât şi căldura degajată din procesele biochimice exoterme care se petrec în sol.

În general, solul este rău conducător de căldură; conductibilitatea sa termică este determinată de structura mecanică, de compoziţia chimică, de gradul de umiditate etc.

- Solurile cu granule fine şi umede se încălzesc greu, dar se şi răcesc greu, acestea înmagazinând căldura.
- Solurile cu granule mari sau compacte au o conductibilitate termică mare, se încălzesc repede, dar şi pierd uşor căldura înmagazinată.
- Culoarea solului are, de asemenea, un rol important în păstrarea căldurii ; solurile deschise la culoare (nisipul) reflectă o mare cantitate de radiaţii solare, pe când solurile închise la culoare (cernoziomul) reţin radiaţiile calorice şi sunt mult mai favorabile dezvoltării culturilor.

Datorită conductibilităţii sale termice reduse solul înregistrează cu întârziere variaţiile temperaturii atmosferice.

Astfel, dacă la suprafaţa solului temperatura maximă se constată la ora 13^{00}, la o adâncime de 0,05 m această temperatură se înregistrează abia la ora 17^{00}, iar de la 1 m adâncime variaţiile diurne de temperatură nici nu se mai resimt.

Tot astfel, dacă la suprafaţă, temperatura minimă se înregistrează în luna ianuarie, la 1m adâncime aceasta se întâlneşte în luna februarie, la 2-3 m adâncime în luna martie, iar la 7-8 m în luna mai. La adâncimi mai mari de 8 m variaţiile sezoniere ale temperaturii nu se mai resimt, iar peste 30 m, cu fiecare 35 cm adâncime, temperatura creşte cu 1°C.

Scanned with OKEN Scanner

Importanţa sanitară a temperaturii solului se concretizează în influenţa pe care aceasta o joacă în *determinarea climatului propriu diverselor zone geografice* şi prin *influenţa sa asupra dezvoltării vegetaţiei.*

Temperatura exercită influenţe desosebite asupra proceselor biochimice şi biologice care se petrec în sol ca şi în întreţinerea vieţii diverselor organisme, inclusiv microorganismelor cu important rol sanogen în autopurificarea solului cât şi cu rol în transmiterea diferitelor maladii epidemice.

Temperatura solului joacă un rol important în protecţia diferitelor instalaţii faţă de variaţiile de temperatură ale atmosferei cum sunt rezervoarele de apă, conductele de apă şi de canalizare, conductele de gaze. În sfârşit, nu trebuie omisă importanţa reducerii variaţiilor exterioare ale temperaturii în păstrarea şi conservarea unor alimente.

Concentraţia in ioni H^+ (pH-ul)

pH-ul este proprietatea solului care se referă la aciditatea sau alcalinitatea acestuia. Este un parametru important deoarece influenţează disponibilitatea nutrienţilor din sol pentru plante precum şi activitatea biologică care se desfăşoară la acest nivel. Valorile pH-ul solului variază între 3 şi 10; pentru solurile fertile pH-ul poate varia între 5 şi 7, iar pentru cele aride între 7 şi 9.

În solurile acide concentraţia mare în ioni H^+ inhibă activitatea microorganismelor din sol, motiv pentru care aceste soluri sunt sărace în nutrienţi, deci nu sunt suficient de favorabile dezvoltării vegetaţiei.

De asemenea, bacteriile fixatoare de azot, aflate în relaţie de simbioză cu o serie de plante leguminoase, nu pot supravieţui pe solurile acide.

Excesul de ioni H^+ va spolia solul de o serie de cationi importanţi pentru dezvoltarea normală a plantelor, efectul fiind deci, irosirea nutrienţilor din sol.

Solurile alcaline au o concentraţie scăzută în ioni H^+, dar au un exces de ioni de Na^+; în aceste condiţii activitatea biologică este suprimată şi asociată cu scăderea disponibilităţii nutrienţilor din sol.

De asemenea, în solurile alcaline se pot acumula niveluri toxice a unor elemente minerale (sodiu, seleniul etc).

3.2. Structura solului

Datorită prezenţei în structura solului atât a particulelor solide (agregate, granule) cât şi a porilor, se consideră că solul este alcătuit din trei faze:

- faza solidă;
- faza lichidă;
- faza gazoasă.

Scanned with OKEN Scanner

Faza solidă

Faza solidă este reprezentată de substanţele minerale şi organice care alcătuiesc granulele solului.

Faza lichidă

Datorită precipitaţiilor atmosferice şi condensării vaporilor de apă din aerul teluric, porii solului conţin cantităţi variabile de apă în care sunt dizolvate diferite substanţe anorganice şi organice.

Apa din sol este dispusă în straturi succesive:

- *zona de evaporare* – zona superficială, permanent supusă fluctuaţiilor determinate de variaţia temperaturii aerului atmosferic;
- *zona de filtrare* – zona străbătută de apă, dar care reţine impurităţile. Are rol important în protecţia apelor subterane;
- *zona de capilaritate* – zona în care apa subterană se ridică în porii solului, menţinând o stare de imbibiţie constantă;
- *zona apei freatice* – apa subterană situată deasupra primului strat impermeabil de sol, importantă pentru aprovizionarea cu apă potabilă din surse individuale.

Faza gazoasă

Faza gazoasă este reprezentată de aerul care se găseşte în porii solului – aerul teluric. Compoziţia chimică a aerului teluric se deosebeşte de cea a aerului atmosferic prin conţinutul mai redus în oxigen şi mai crescut în bioxid de carbon.

$\downarrow O_2 \uparrow CO_2$

3.3. Componentele solului

Solul, apreciat ca un ansamblu al celor trei faze (solidă, lichidă şi gazoasă) poate fi considerat constituit din cinci componente: apă, aer, materii minerale, materii organice, organisme vegetale şi animale.

1) Apa din sol

Apa din sol, existentă în proporţie de 25%, provine din precipitaţii; pe măsură ce apa pătrunde în sol, aerul este evacuat spre exterior, scăzând astfel gradul de aerare al solului. O parte din apa din sol este utilizată de plante, o altă parte se evaporă, iar restul pătrunde în profunzimea solului formând zona apei freatice.

2) Aerul teluric

Aerul din sol cu o contribuţie de 25% la volumul acestuia constituie faza gazoasă a solului; oxigenul prezent în aerul din sol este foarte important pentru asigurarea proceselor de autopurificare care au loc la acest nivel. De asemenea, oxigenul este utilizat de rădăcinile plantelor în procesul de respiraţie. Concentraţia dioxidului de carbon în aerul teluric

Scanned with OKEN Scanner

este mai ridicată decât în aerul atmosferic şi depinde de intensitatea proceselor de autopurificare care au loc la nivelul granulelor de sol.

3. Substanţe minerale

Substanţe minerale din sol reprezintă 45-50% din masa sa. Se apreciază că în sol, poate fi prezentă oricare dintre substanţele chimice cunoscute.

Solul este elementul de mediu înpermanentă interdependenţă cu atmosfera, hidrosfera şi biosfera. Ca urmare, cea mai mare parte a acestor substanţe chimice trec din sol în aer, dar mai ales în apă şi în vegetale. Consecinţa acestui fenomen este încărcarea mai mare sau mai mică a apei şi plantelor cu diferite substanţe, mai ales minerale.

Excesul sau carenţa în sol a unor substanţe minerale va determina excesul sau carenţa acestora în apă şi în produsele alimentare de natură vegetală. La rândul lor, animalele îşi procură elementele minerale din apă şi plante, iar omul, care consumă produse vegetale sau/şi animale ca alimente, inclusiv apa, este direct dependent de conţinutul în substanţe minerale a acestora; indirect conţinutul în substanţe minerale al solului influenţează statusul mineral al organismului uman.

Astfel, de-a lungul timpului, s-au stabilit relaţii cauzale între excesul sau carenţa unor elemente minerale în sol şi patologia specifică a populaţiei din zona respectivă.

4. Materii organice

Materiile organice se găsesc în sol în proporţie de 0,5-5% şi sunt reprezentate prin carbohidraţi, proteine, lignine, grăsimi etc; substanţele organice din sol sunt rezultatul descompunerii resturilor vegetale şi animale. În condiţii de umiditate şi temperatură favorabile organismele animale (râme, insecte, bacterii, fungi etc) utilizează aceste resturi ca hrană sau ca substrat în diferite procese biochimice. Reziduurile rezultate în urma acestor activităţii duc la formarea în sol a unui complex de natură coloidală, denumit humus şi a unor nutrienţi necesari dezvoltării plantelor.

5. Organismele animale şi vegetale

Organismele animale şi vegetale constituie cea de-a cincea componentă din sol. Acestea sunt reprezentate de *macroorganisme* (insecte, râme etc.) care descompun materia organică cu eliberare de diferiţi nutrienţi, dar produc şi o aerare a solului şi de *microorganisme* (bacterii, fungi, actinomicete, alge etc).

Bacteriile heterotrofe, autotrofe, aerobe sau anaerobe, produc oxidarea sulfului şi azotului din sol. Bacteriile din genul *Rhysobium* sau *Bradyrhyzobium* sunt în relaţie de simbioză cu plantele leguminoase şi au rolul de a fixa azotul din aer.

Scanned with OKEN Scanner

Fungii sunt importanţi pentru descompunerea materiei organice din sol, dar pot provoca şi o serie de boli ale plantelor. Fungii din genul *Mycorrhyza* sunt în relaţie de simbioză cu plantele, facilitând absorbţia fosforului, sulfului, zincului şi apei. Aceşti fungi sunt utili şi necesari mai ales în solurile sărace în fosfor.

Microorganismele din sol au un rol vital în formarea, eliberarea şi depozitarea nutrienţilor în sol, compuşi absolut necesari pentru creşterea plantelor. Din punct de vedere igienico-sanitar microorganismele din sol sunt deosebit de importante, deoarece asigură procesele de autopurificare al solului.

Nutrienţii din sol

În constituţia plantelor intră peste 100 de elemente minerale (macronutrienţi şi micronutrienţi).

Carbonul, hidrogenul şi oxigenul - cei mai importanţi macronutrienţi, pot fi procuraţi de către plante atât din sol cât şi din apă sau din aer.

Azotul, fosforul, potasiul, calciul şi magneziul, alţi macronutrienţi importanţi pentru dezvoltarea normală a plantelor sunt procuraţi de către acestea din sol (Tabelul IX).

Tabel IX

Clasificarea nutrienţilor din sol

Elementul	Categoria de nutrient
Azot	Macronutrienţi primari
Fosfor	
Potasiu	
Calciu	Macronutrienţi secundari
Magneziu	
Sulf	
Bor	Micronutrienţi
Clor	
Cupru	
Fier	
Mangan	
Molibden	
Nichel	
Zinc	

O serie de elemente minerale cum ar fi sulful, fierul, cuprul, manganul, zincul, molibdenul, borul, clorul sunt necesare plantelor în cantităţi foarte mici şi au fost numite micronutrienţi. Aceştia nu intră în constituţia elementelor

Scanned with OKEN Scanner

structurale ale plantelor, dar sunt implicaţi în numeroase procese metabolice care condiţionează dezvoltarea normală a acestora.

Fierul este un micronutrient absorbit de plantă sub formă de Fe^{2+} şi Fe^{3+}; aceşti ioni vor fi utilizaţi într-o serie de procese cum ar fi: sinteza clorofilei, procesul de respiraţie, de fotosinteză etc.

Necesarul de fier al plantelor variază între 50-250 p.p.m.

Deficienţa solului în fier este în strânsă corelaţie cu pH-ul acestuia. S-a constatat că solurile alcaline sunt în general sărace în acest element mineral. De asemenea, sărace în fier sunt şi solurile calcaroase; dioxidul de carbon şi carbonatul de calciu prezenţi în concentraţie mare în aceste soluri pot reacţiona cu formarea bicarbonaţilor, ceea ce determină creşterea valorii pH-ului.

Azotul este un element care intră în constituţia proteinelor, acizilor nucleici, ATP-ului, clorofilei şi altor pigmenţi din plante. Deficitul de azot are ca efect inhibarea sau stoparea creşterii plantei; excesul de azot nu are un efect nociv propriu-zis asupra organismelor vegetale; uneori, aceste concentraţii crescute de azot pot fi nocive pentru mediul înconjurător.

Azotul necesar plantelor poate fi preluat din atmosferă prin fixarea directă a acestuia cu ajutorul bacteriilor simbiotice din genul *Rhysobium*, care convertesc azotul atmosferic în amoniac.

În sol, azotul organic este forma de azot predominantă (95%).

Procesul prin care azotul organic din sol, neutilizabil, este transformat în forme anorganice utilizabile de către plante se numeşte *mineralizare*. Anual, aproximativ 1,5-3,5% din azotul organic din sol este supus mineralizării. Biomasa microbiană prezentă în sol descompune materia organică, azotul conţinut de aceasta transformându-se în nitriţi. Poate avea loc şi procesul invers prin care azotul anorganic este convertit în forme de azot organic. Acest proces a fost numit *imobilizare* şi este predominant atunci când raportul C : N din materia organică din sol este mai mare de 20-30.

Procesul de mineralizare decurge în două etape distincte: nitrificarea şi denitrificarea.

Nitrificarea este procesul prin care ionii amoniu sunt transformaţi în ioni nitrat, de către bacterii autotrofe care au capacitatea de a transforma ionii amoniu în nitrit şi apoi în nitrat:

$$NH_4^+ \xrightarrow{\textit{Nitrosomonas}} NO_2^- \xrightarrow{\textit{Nitrobacter}} NO_3^-$$

Procesul de nitrificare este favorizat de:
- pH: 6,6 - 8,0;
- umiditatea redusă;
- temperatură: 30-35°C.

Scanned with OKEN Scanner

HPO_4^{2-} $H_2PO_4^-$

Nitraţii rezultaţi pot fi reduşi, în condiţii favorabile (sol bogat în materie organică, condiţii de temperatură şi umiditate adecvate) la o serie de compuşi volatili (oxidul nitros, azot elementar) care se pierd prin evaporare. Procesul de reducere a conţinutului de azot al solului este cunoscut sub numele de *denitrificare*.

* Denitrificarea biologică este o metodă bazată pe capacitatea unor bacterii din familia *Pseudomonas* de a consuma oxigenul din compuşii cu azot pe care îi transformă în azot gazos:

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

3) *Fosforul* este un micronutrient ce intră în constituţia moleculelor de ADN, ARN, ATP şi a membranelor celulare care conţin fosfolipide. Pentru plante, fosforul este un nutrient esenţial, fiind implicat în procese de transfer şi stocare de energie. Este utilizat de plante sub formă de ioni anorganici: HPO_4^{2-} şi $H_2PO_4^-$; în sol, fosforul se găseşte sub formă organică; acesta este convertit în formele anorganice utilizabile de plante prin procese de mineralizare.

Ionul fosfat reacţionează relativ uşor cu fierul şi cu aluminiul, formând compuşi insolubili, neutilizabili de către plante. Solurile argiloase sau cele cu un pH acid sunt favorabile formării acestor compuşi.

4) *Potasiul* este utilizat de plante sub formă ionică crescând rezistenţa acestora la secetă şi la îmbolnăviri. De asemenea, potasiul este implicat în procesul de fotosinteză şi în metabolismul vegetal. Concentraţia potasiului în plante este redusă; acest element are mai mult rol de "reglator" al diferitelor procese metabolice ce au loc în ţesuturile vegetale.

În general, mai mult de 90% din potasiul din sol este neutilizabil; practic numai 0,1-2% este utilizat sub formă dizolvată.

5) *Calciul* este prezent în sol în concentraţii de 0,2-1%. Este utilizat de plante sub formă ionică (Ca^{2+}) şi îndeplineşte următoarele funcţii: asigură structura şi permeabilitatea membranei celulare; este implicat în diviziunea celulară şi dezvoltarea plantei; facilitează depozitarea ionilor de K^+ şi NO_3^- în rădăcina plantei.

3 fct

Concentraţia calciului în sol poate fi influenţată de o serie de factori:

- structura solului: solurile cu particule mici conţin o cantitate mai mare de calciu decât cele cu particule mari;
- pH-ul: solurile acide au un conţinut în calciu mai scăzut deoarece este schimbat cu ionii de Al^{3+} şi H^+.

6) *Magneziul* este un alt macroelement esenţial pentru plante, fiind necesar în cantităţi relativ mari. Intră în constituţia moleculei de clorofilă, este implicat în activitatea enzimatică şi influenţează permeabilitatea membranară.

3 fct

Scanned with OKEN Scanner

Deficitul de magneziu are drept consecinţă dezvoltarea insuficientă a plantelor. Disponibilitatea magneziului din sol pentru plante scade la pH acid (pH < 6).

7) *Sulful* poate ajunge în sol din aer, prin reţinerea dioxidului de sulf, mai ales în zonele puternic industrializate; procesul de mineralizare al substanţelor organice contribuie, în egală măsură, la acumularea sulfului în sol. Sulful din sol utilizat de plante pentru sinteza aminoacizilor cu sulf (cisteină, cistină, metionină), esenţiali pentru sinteza de proteine vegetale; este necesar de asemenea pentru sinteza clorofilei. Deficitul de sulf din sol determin dezvoltare anormală a plantelor, aceastea căpătând un aspect clorotic; galben. S-a constatat, că de cele mai multe ori, deficitul de sulf este asociat cu deficitul de azot.

Deficitul sulfului în sol poate avea diferite cauze:

- transformarea sulfului în hidrogen sulfurat gazos, volatil;
- deplasarea sub formă de sulfat în straturile profunde ale solului, mai ales atunci când este străbătut de o cantitate mare de apă;
- pH-ul acid;
- în cazul solurilor bogate în materii organice, o parte din sulf este consumat de microorganisme, ca sursă de proteine; acest sulf este eliberat în final în sol, în urma descompunerii microorganismelor, după moarte.

8) *Cuprul* este un microelement esenţial necesar dezvoltării optime a plantelor; intră în constituţia enzimelor ce reglează viteza multor reacţii biochimice, fără de care plantă nu ar putea supravieţui. Atunci când solul este deficitar în acest micronutrient, frunzele plantelor sunt de culoare galben deschis, cu pete necrotice.

Conţinutul în cupru al solului depinde de tipul de sol, de activitatea antropogenică şi de depunerile din atmosferă, în cea mai mare parte datorită poluării.

Cuprul este puternic legat de materia organică din sol, de aceea în solurile bogate în această componentă (6-10%) cuprul este deficitar. Disponibilitatea cuprului pentru dezvoltarea plantelor este scăzută la valori mari ale pH-ului (7 sau chiar mai mari).

Concentraţia dar şi disponibilitatea cuprului în sol este influenţată şi de prezenţa altor elemente minerale. Astfel, concentraţiile mari de fosfor, zinc, fier, mangan şi aluminiu pot scădea absorbţia cuprului de către rădăcinile unor plante (cereale).

9) *Zincul* este microelement foarte important pentru creşterea unor plante cum ar fi soia, cartoful, orzul, tomatele etc. Ca şi cuprul, zincul intră în constituţia multor enzime ce reglează activitatea metabolică; deficitul de zinc se manifestă diferit de la o plantă la alta, dar în general, constă într-o scădere a dimensiunii frunzei, scurtarea internodurilor etc.

Disponibilitatea zincului este diminuată de concentraţiile mari de fosfor şi de valori ale pH-ului mai mari de 6,5.

Scanned with OKEN Scanner

Molibdenul este un micronutrient necesar dezvoltării normale a plantelor. Majoritatea tipurilor de sol conţin cantităţi suficiente de molibden, dar disponibilitatea pentru plante este dependentă de valoarea pH-ului şi de textura solului.

Molibdenul este necesar atât pentru fixarea azotului de către rădăcinile plantelor prin intermediului nitrogenazelor. Nitrogenazele sunt enzime ce conţin doi atomi de molibden în moleculă şi joacă un rol esenţial în fixarea azotului de către plantele leguminoase. De aceea, plantele deficitare în molibden prezintă adesea şi simptome ale deficitului de azot. Simptomele deficitului de molibden la plante sunt: culoare galben-verzuie, frunze veştede, îngălbenite (datorită deficienţei de azot), cloroză intervenală, rulare şi răsucire a frunzelor.

În general, solurile conţin 0,25-5 ppm molibden total; solurile acide sunt mai sărace în molibden. Forma disponibilă pentru plante este forma ionică de MO_4^{2-}. Necesarul de molibden al plantelor este 0,8-5 ppm.

Manganul reprezintă, de asemenea un micronutrient esenţial pentru plante. Concentraţiile de 20-150 ppm din plante, în timpul perioadei vegetative, sunt considerate optime; concentraţiile mai mici de 20 ppm indică deficitul, în timp ce concentraţii mai mari de 200 ppm sunt toxice.

Manganul este un micronutrient ce intră în constituţia enzimelor implicate în formarea cloroplastelor, în metabolismul azotului etc.

Disponibilitatea manganului din sol este este influenţată de:

- *pH-ul solului*: la valori mici ale acestuia disponibilitatea manganului creşte; solurile acide cu pH < 5,5 pot atinge concentraţii toxice de mangan. Deficitul de mangan este specific solurilor cu pH > 6,5;
- *conţinutul în materii organice* a solului: solurile bogate în materii organice scad disponibilitatea manganului pentru plante;
- *umiditatea solului* modulează disponibilitatea manganului din sol; umiditatea scăzută conduce la deficit de mangan, pe când cea ridicată poate mobiliza concentraţii de mangan toxice pentru plante.

Borul este un micronutrient esenţial implicat în respiraţia tisulară, diviziunea celulară, germinarea polenului, dezvoltarea fructelor, utilizarea şi reglarea concentraţiei altor nutrienţi cum ar fi azotul şi fosforul, în sinteza şi transportul de carbohidraţi la nivelul membranelor celulare, formarea nodozităţilor la plantele leguminoase şi probabil, în sinteza unor baze ce intră în constituţia acizilor nucleici.

Sunt cunoscuţi numeroşi factori care pot afecta disponibilitatea borului, motiv pentru care, din cantitatea totală de bor din sol, plantele utilizează mai puţin de 5%. Dintre aceştia, conţinutul în materie organică, pH-ul, concentraţiile mari de potasiu şi de calciu care scad disponibilitatea borului.

Scanned with OKEN Scanner

3.4. Poluarea solului

Atitudinea omului faţă de mediu nu s-a schimbat semnificativ de-a lungul existenţei societăţii umane. Diferenţa dintre noi şi strămoşii noştri este legată de capacitatea noastră, mai mare, de a distruge dar, şi de a proteja mediul. De-a lungul timpului, calitatea aerului, solului şi apei s-au degradat, grosimea stratului de ozon a scăzut, ajungâdu-se într-o situaţie critică pentru întreaga planetă.

Primii care au tras semnalul de alarmă referitor la degradarea mediului înconjurător au fost oamenii de ştiinţă din secolul XIX care au încercat să stopeze acţiunile distructive al omului şi să-l educe în domeniul protecţiei mediului.

Din punct de vedere istoric, conceptul de „protecţie a mediului" a apărut la mijlocul secolului al XIX-lea, iar prima societate de protecţie a naturii a fost fondată şi atestată în Anglia, în 1865.

În 1935, în S.U.A., apare Oficiul de Conservare a Solului, care avea ca sarcină stoparea erodării accelerate a acestui element de mediu.

Începând cu anul 1945 se înfiinţează primele organizaţii internaţionale care se preocupă şi de problemele mediului înconjurător. Astfel:

- se înfiinţează Organizaţia Naţiunilor Unite (ONU) în 1945;
- se înfiinţează Organizaţia pentru agricultură şi Alimentaţie (Food and Agricultural Organisation ,FAO) în 1945;
- se înfiinţează Uniunea Internaţională pentru Conservarea Naturii şi a Resurselor Naturale în 1956.

În 21 martie 1970 are loc prima celebrare a Zilei Pământului, dată care a devenit ulterior Ziua Internaţională a Pământului.

În condiţiile dezvoltării agriculturii şi deci şi a dezvoltării rurale, a creşterii producţiei vegetale, ca verigi esenţiale ale progresului socio-economic, se pune întrebarea firească dacă poate fi realizată şi menţinută o creştere a producţiei vegetale fără a se aduce prejudicii majore mediului înconjurător şi respectiv, sănătăţii oamenilor şi celorlalte vieţuitoare ale lanţului trofic. Răspunsul la această întrebare dificilă trebuie dat prin prisma conceptului dezvoltării durabile a agriculturii, aşa cum a fost definit de către Comisia Mondială pentru Mediul Înconjurător şi Dezvoltare: **"Dezvoltarea durabilă reprezintă capacitatea omenirii de a asigura continuu cerinţele generaţiei prezente, dar fără a le compromite pe cele ale generaţiilor viitoare".**

În agricultură, ca şi în oricare ramură a economiei, nici un sistem nu poate fi considerat durabil dacă pentru fermier şi societatea din care face parte nu este benefic, adică nu este profitabil din punct de vedere economic. Aceasta, constituie de fapt singura alternativă pe termen lung la criza mediului înconjurător generată de societatea umană.

La degradarea solului au contribuit şi contribuie permanent două grupe de cauze :

Scanned with OKEN Scanner

- modificarea compoziţiei solului prin scăderea conţinutului de humus, şi, în unele situaţii, prin alcalinizarea sau acidifierea solului ca urmare a utilizării neechilibrate de îngrăşăminte chimice, pesticide etc. sau a irigării cu apă de calitate necorespunzătoare (salinizarea solului);
- acţiunile directe de distrugere a elementelor structurale, printre care "prăfuirea" solului ca urmare a lucrării excesive sau la umiditate necorespunzătoare, compactarea datorită traficului exagerat, mai ales când este efectuat pe sol umed, formarea crustei sub acţiunea picăturilor de ploaie sau a aspersiunii, ca metodă de irigare etc.

Aplicarea iraţională a numeroase tratamente fitosanitare cu pesticide persistente în sol este o altă cauză a poluării acestuia.

Poluarea solului constă în acumularea de compuşi toxici de natură chimică, radioactivă sau biologică (agenţi patogeni) care au efecte nocive asupra creşterii plantelor, sănătăţii animalelor şi implicit asupra sănătăţii umane.

Poluarea solului se datoreşte reziduurilor solide şi lichide rezultate din activitatea omului, a dejecţiilor animale şi cadavrelor acestora, a deşeurilor industriale şi utilizării necorespunzătoare în agricultură a unor substanţe chimice greu biodegradabile.

Tipuri de poluare

Principalele categorii de poluanţi ai solului, care pot afecta, direct sau indirect, organismul uman sunt: microorganismele patogene inclusiv paraziţii intestinali, substanţele organice diverse, substanţele chimice potenţial toxice şi substanţele radioactive.

Ţinând cont de diversele surse de poluare şi de natura poluanţilor s-au descris mai multe tipuri de poluare. În linii mari, poluarea solului poate fi: poluare biologică şi poluare chimică.

Poluarea biologică

Poluarea biologică este determinată de diseminarea germenilor patogeni pe sol, odată cu diversele reziduuri. Supravieţuirea pe sol a acestor germeni depinde atât de specia microbiană cât şi de proprietăţile solului şi condiţiile meteoro-climatice.

Din punctul de vedere al proveniență şi modulului de transmitere germenii patogeni din sol pot fi împărţiţi în două grupe:

- germenii patogeni eliminaţi de om şi transmişi prin intermediul solului: **contaminare om-sol-om;**
- germenii patogeni proveniţi de la animale şi transmişi prin intermediul solului: **contaminare animal-sol-om.**

Tot în cadrul poluării biologice este inclusă poluarea cu helminţi şi ouăle acestora.

Scanned with OKEN Scanner

Ca şi microorganismele patogene, helminţii pot fi împărţiţi în două grupe şi anume:

- **biohelminţi** - paraziţii intestinali care au nevoie de o gazdă intermediară pentru a se putea dezvolta şi atinge stadiul infestant (teniile);
- **geohelminţi** - paraziţii intestinali care se dezvoltă direct pe sol prin intermediul căruia pot infesta omul (ascarizii).

Poluarea chimică

Poluarea chimică a solului este produsă prin reziduuri menajere şi provenite din zootehnie, reziduuri industriale, radioactive şi ca urmare a utilizării unor substanţe chimice în agricultură (îngrăşăminte chimice, pesticide, fungicide etc).

Dacă îngrăşămintele nu sunt folosite corespunzător, ţinând cont de însuşirile solului, conţinutul în elemente nutritive, necesarul de nutrienţi al plantelor şi recoltele prognozate, pot deveni surse importante de poluare a mediului înconjurător şi în special a mediului acvatic.

În funcţie de natura chimică a substanţelor impurificatoare ale solului, poluanţii chimici pot fi: substanţe organice, poluanţi industriali, substanţe radioactive etc.

Poluarea cu substanţe organice

Reziduurile menajere şi cele provenite din zootehnie ca şi o parte a reziduurilor industriale (cele din industria alimentară) produc o poluare puternică cu substanţe organice. De obicei, poluarea cu substanţe organice însoţeşte poluarea biologică, dar poate exista şi în afara acesteia.

Poluanţii organici persistă pe sol un timp limitat datorită capacităţii solului de degradare a acestor substanţe prin intermediul microorganismelor din sol.

Prin descompunerea materiei organice şi transformarea sa în substanţe minerale se realizează un ciclu natural al elementelor chimice, care astfel, trec din sol în plante şi organismul animal, respectiv uman, pentru a reveni sub formă organică în sol şi a relua ciclul.

Procesele de degradare ale substanţelor din sol sunt asemănătoare cu cele din apă, dar au loc mult mai intens datorită numărului mare de microorganisme care acţionează în sol.

Aceste procese de descompunere ale substanţelor organice poluante din sol se petrec în general în straturile superficiale (10-20 cm) unde poluanţii sunt reţinuţi prin selectivitatea solului.

Poluarea industrială

Poluarea industrială reprezintă o puternică sursă de răspândire pe sol a unor compuţi toxici. Se consideră că cel puţin 50% dintre materiile prime utilizate în industrie contribuie la acumularea deşeurilor industriale (reziduurile rezultate din exploatările miniere, din industria siderurgică şi metalurgică, industria petrochimică etc), din care, în jur de 15% pot fi considerate toxice sau nocive pentru organismul uman.

Scanned with OKEN Scanner

Consecinţele acestei poluări constau în degradarea avansată a solului, care crează mari dificultăţi în reintegrarea acestuia în circuitul agricol.

Poluarea industrială cu substanţe toxice creează premiza trecerii acestora în apele subterane sau de suprafaţă ca şi în culturile vegetale cu influenţe încă neestimate asupra sănătăţii populaţiei.

Poluarea industrială poate avea loc şi prin depuneri pe sol de poluanţi răspândiţi în atmosfera din jurul diferitelor întreprinderi industriale.

Utilizarea în agricultură, în zootehnie a unor substanţe chimice, în mare parte de sinteză (îngrăşăminte chimice, biostimulatori, antidăunători) în scopul obţinerii unor cantităţi mai mari de produse alimentare, contribuie la intensificarea poluării solului.

Cea mai mare parte a acestor substanţe, fiind de natură organică, suferă în sol un proces de descompunere şi biodegradare. Există însă şi compuşi care se descompun greu în sol (compuşi cu plumb sau cu mercur, compuşi organo-metalici, pesticide organoclorurate) sau se transformă în compuşi care pot fi mai toxici (aldrin). În aceste condiţii posibilitatea de absorbţie în plante apare nu numai în momentul tratării sau imediat după aceasta ci şi după un timp foarte îndelungat.

Folosirea excesivă a pesticidelor organoclorurate la sfârşitul secolului trecut a generat probleme grave deoarece, aceşti compuşi se degradează lent consecinţa fiind acumularea lor, progresiv, în lanţul alimentar, în care omul se află la capătul terminal.

Eficacitatea unui pesticid şi riscurile asociate cu toxicitatea lui, depind, într-o mare măsură, depersistenţa în sol. Persistenţa unui pesticid în sol este variabilă şi depinde de natura pesticidului. Astfel, timpul de înjumătăţire a DDT-ului,cel mai cunoscut pesticid organoclorurat este de 3 ani; dimpotrivă, pe când pesticidele organofosforice sunt degradate într-un timp care variază de la câteva zile la câteva luni. În tabelul X sunt prezentate câteva exemple de pesticide frecvent utilizate şi persistenţa lor în sol. Aplicarea repetată şi în exces a insecticidelor are drept consecinţă acumularea acestora în plante; de asemenea, excesul de insecticid din sol poate trece apoi în apa de suprafaţă sau în apa subterană, poluându-le.

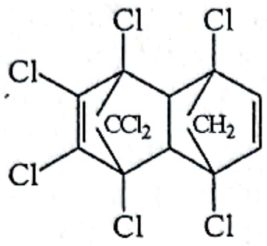
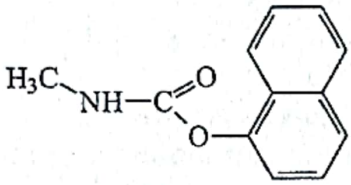
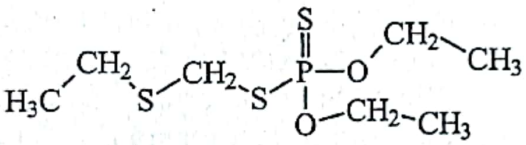
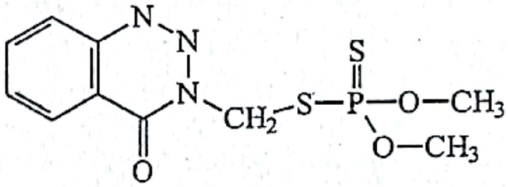
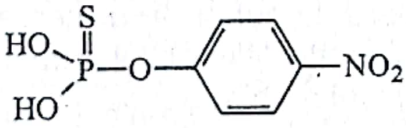
Poluanţii prezenţi în plante pot ajunge direct în organismul uman (prin consumul de alimente de origine vegetală), sau indirect prin intermediul alimentelor de origine animală.

Nivelul de poluare al solului depinde şi de frecvenţa precipitaţiilor. Apa de ploaie „spală" atmosfera şi o parte din agenţii poluanţi ajung pe sol; prin intermediul apelor de şiroire, poluanţii ajung în apele de suprafaţă şi, prin infiltrare în sol, în apele subterane.

Scanned with OKEN Scanner

Tabel X

Exemple de pesticide şi persistenţa lor în sol

Denumirea şi structura chimică a insecticidului	*Timp de înjumătăţire în sol (zile)*
 Aldrin	60
 Carbaryl	30
 Phorate	30
 Azinphosmetil	20
 Parathion	20

Poluarea solului este influenţată într-o anumită măsură şi de vegetaţia care îl acoperă, dar şi de natura solului. Aceste aspecte sunt importante pentru evaluarea persistenţei pesticidelor şi îngrăşămintelor chimice pe terenurile agricole.

Scanned with OKEN Scanner

Trebuie menţionat faptul că din punct de vedere economic şi al protecţiei mediului, îngrăşămintele şi pesticidele trebuie să rămână cât mai mult timp în sol pentru a se reduce diseminarea în celelalte elemente de mediu. În realitate, o parte din aceşti poluanţi este transportată de vânt sau antrenată de apa ploilor; o parte din poluanţi se descompune în timp, fie prin oxidare în aer, fie sub acţiunea bacteriilor din sol.

Transportul pesticidelor şi a îngrăşămintelor poluante din locul în care au fost administrate, la distanţe mari prin intermediul curenţilor de aer, apelor de şiroire etc., constituie un risc important de poluare a mediului. Evitarea acestor riscuri se poate realiza prin asocierea unor fixatori chimici pentru îngrăşăminte şi pesticide (ulei mineral, polistiren alchilat, fracţiuni petroliere aromatice grele) în timpul administrării îngrăşămintelor, respectiv al tratamentelor fitosanitare; în acest mod persistenţa poluanţilor în sol creşte cu 18 – 30%.

Poluarea radioactivă

Acest tip de poluare este reprezentat de depunerile radioactive şi de depozitarea pe sol a reziduurilor cu conţinut bogat în radionuclizi. Grad mare de periculozitate au cei cu viaţă lungă (^{90}Sr - 26 ani, ^{137}Cs - 30 ani), dar au importanţă şi ^{131}I, ^{140}Ba, ^{144}Ce, ^{160}Ru emişi de reactoarele nucleare şi care contribuie la radiaţia gama globală. Dintre elementele amintite, stronţiul radioactiv se concentrează în sol în cantitate mai mare, ca urmare a precipitaţiilor.

Activitatea centralelor nucleare provoacă apariţia izotopilor radioactivi ^{129}I şi ^{131}I, care odată ajunşi în atmosferă trec în sol, apoi în apă şi pot afecta puternic sănătatea omului. În timpul accidentelor nucleare de la Windscale (1957) şi de la Cernobâl (1986), au fost emise în atmosferă nivele considerabile de iod radioactiv, majoritatea sub formă de ^{131}I a cărui timp de înjumătăţire este de aproximativ 8 zile

În ultimul timp, se acordă importanţă şi carbonului, izotopul ^{14}C, care se formează în aer sub acţiunea radiaţiilor cosmice plecând de la azot. Acesta se acumulează în sol de unde intră cu uşurinţă în ciclul metabolic al plantelor prin intermediul cărora ajunge în organismul animal şi uman; în prezent carbonul radioactiv poate atinge niveluri suficiente pentru manifesta efecte nocive. Poluarea radioactivă ca urmare a produşilor reacţiilor de fisiune a condus la creşterea marcantă a radioactivităţii naturale a mediului şi în prezent constituie o preocupare importantă a cercetătorilor din domeniu. De altfel, determinarea radioactivităţii solului a fost propusă ca indicator de poluare radioactivă a mediului ambiant.

3.5. Indicatorii poluării chimice a solului

Indicatorii igienico - sanitari folosiţi în prezent pentru aprecierea gradului de poluare a solului pot fi clasificaţi în indicatori direcţi şi indicatori indirecţi.

Scanned with OKEN Scanner

3.5.1. Indicatori direcţi

Indicatorii direcţi se referă la substanţele chimice poluante ale solului care au acţiune nocivă asupra organismului. Această acţiune nu se produce, de obicei, ca urmare a contactului direct cu solul. De cele mai multe ori acţiunea nocivă asupra omului se produce prin intermediul aerului, apei sau plantelor.

De aceea, unul dintre criteriile sanitare de bază în stabilirea concentraţiilor maxime admise de substance toxice în sol este reprezentat de **determinarea transferului de poluanţi în apă, aer sau plante**.

În mod obişnuit **în aer ajung, mai ales, substanţele volatile, în apă substanţele solubile, iar plantele concentrează cea mai mare parte a substanţelor chimice poluante din sol.**

Cercetări experimentale realizate pe pesticide au evidenţiat migrarea acestora în procente de 30-70% în plante, de 2-18% în apă, iar în aer valori mult mai mici.

Fixarea de către plante a substanţelor chimice poluante depinde în mare măsură de tipul plantelor cultivate. Pentru unele pesticide spre exemplu, plantele care concentrează cea mai mare cantitate de poluant din sol sunt morcovul şi cartoful. Aceste plante sunt denumite **plante test** sau **plante indicator**.

De aici rezultă că pentru fiecare substanţă chimică poluantă pentru sol şi a cărei concentraţie trebuie limitată trebuie să se cunoască planta test pentru a putea stabili concentraţiile maxime admise (CMA).

Pentru a se ajunge la stabilirea CMA pentru diferite substanţe chimice poluante din sol trebuie stabilite în prealabil normele sanitare pentru apă, aer sau pentru plantele test care intră în alimentaţia animalelor şi omului, deoarece numai în funcţie de aceste norme pot fi stabilite valorile admise pentru sol; criteriul este acela ca **valoarea maximă de poluant admisă ca substanţă chimică poluantă din sol să nu depăşească CMA admisă în apă, aer, plante ca urmare a transferului din sol către aceste medii**.

La stabilirea CMA pentru diferiţi poluanţi în sol trebuie să se ţină seama de stabilitatea acestora cât şi de influenţa pe care substanţa chimică poluantă o exercită asupra florei microbiene telurice, flora care ia parte direct la procesele de biodegradare.

3.5.2. Indicatori indirecţi

Indicatorii indirecţi de poluare chimică a solului sunt reprezentaţi de compuşii chimici care nu exercită efecte nocive proprii asupra sănătăţii omului, dar a căror prezenţă în sol implică prezenţa unor poluanţi nocivi, atât de natură chimică cât şi biologică.

Ca indicatori indirecţi de poluare a solului se pot determina diverşi produşi intermediari (amoniac, nitriţi, hidrogen sulfurat) sau finali (nitraţi, fosfaţi, sulfaţi) de degradare ai substanţelor organice poluante.

Scanned with OKEN Scanner

Cel mai utilizat indicator pentru poluarea organică a solului este azotul, sub diferite forme şi în special azotul organic teluric.

Această formă de azot reprezintă forma cea mai avansată de degradare a substanţelor organice poluante, în urma căreia azotul este integrat în moleculele de substanţe organice azotate proprii solului-substanţe telurice, fapt pentru care valoarea sa raportată la azotul organic total din sol constituie "cifra sanitară a solului".

Raportul azot organic teluric/azot organic total este întotdeauna subunitar, deoarece numai o parte a azotului din sol trece în azot teluric; cu cât această parte este mai mare, cifra sanitară este mai aproape de unitate şi solul poate fi considerat mai puţin impurificat.

Valori sub 0,70 indică un sol poluat, între 0,70 şi 0,85 poluare medie, între 0,85-0,95 poluare redusă şi peste 0,95 sol nepoluat.

În aprecierea capacităţii de autopurificare a solului poluat un rol important îl are raportul C organic/N total (C / N). Dacă acest raport este în jur de 20, mineralizarea substanţelor organice în sol are loc fără dificultate. La valori ale raportului mai mari de 30, procesele de autopurificare sunt încetinite deoarece cantitatea mai mare de azot inhibă activitatea microorganismelor.

Scanned with OKEN Scanner

Anexa I

Legea nr. 458/2002 privind calitatea apei potabile
Legea nr. 311 din 28/06/2004 pentru modificarea şi completarea Legii nr. 458/2002 privind calitatea apei potabile

Dispoziţii generale

Art. 1. - Prezenta lege reglementează calitatea apei potabile, având ca obiectiv protecţia sănătăţii oamenilor împotriva efectelor oricărui tip de contaminare a apei potabile prin asigurarea calităţii ei de apă curată şi sanogenă.

Art. 2. - În sensul prezentei legi, următorii termeni se definesc astfel:

1. Prin apă potabilă se înţelege apa destinată consumului uman, după cum urmează:

a) orice tip de apă în stare naturală sau după tratare, folosită pentru băut, la prepararea hranei ori pentru alte scopuri casnice, indiferent de originea ei şi indiferent dacă este furnizată prin reţea de distribuţie, din rezervor sau este distribuită în sticle ori în alte recipiente;

b) toate tipurile de apă folosită ca sursă în industria alimentară pentru fabricarea, procesarea, conservarea sau comercializarea produselor ori substanţelor destinate consumului uman, cu excepţia cazului în care Ministerul Sănătăţii şi Familiei şi Ministerul Agriculturii, Alimentaţiei şi Pădurilor aprobă folosirea apei şi este demonstrat că apa utilizată nu afectează calitatea şi salubritatea produsului alimentar în forma lui finită.

c) apa provenind din surse locale, precum fântâni, izvoare etc., folosită pentru băut, gătit sau în alte scopuri casnice; în funcţie de condiţiile locale specifice, autorităţile de sănătate publică judeţene, respectiv a municipiului Bucureşti, pot face excepţie de la valorile parametrilor de calitate, dar fără să fie pusă în pericol sănătatea consumatorilor.

.....

Art. 3. - (1) Dispoziţiile prezentei legi nu se aplică următoarelor tipuri de ape:

a) apelor naturale minerale, recunoscute ca atare de către autorităţile competente, în conformitate cu legislaţia în vigoare;

b) apelor care au proprietăţi terapeutice, în sensul prevederilor stabilite prin lege, reglementări sau procedee administrative referitoare la produsele farmaceutice.

(2) Se exceptează de la prevederile prezentei legi:

a) apa destinată exclusiv utilizărilor în condiţii speciale, pentru care Ministerul Sănătăţii şi Familiei se declară satisfăcut de calitatea acesteia, şi care nu influenţează, direct sau indirect, sănătatea consumatorilor cărora le este destinată;

b) apa potabilă provenind de la producător de apă individual, care furnizează mai puţin de 10 m^3 în medie/zi sau care deserveşte mai puţin de 50 de persoane, cu excepţia cazului în care apa este produsă ca parte a unei activităţi comerciale sau publice.

(3) Pentru cazurile prevăzute la alin. (2) lit. b) autoritatea de sănătate publică judeţeană, respectiv a municipiului Bucureşti, va informa populaţia în cauză asupra acestor exceptări şi asupra oricărei măsuri ce poate fi luată în vederea protejării sănătăţii de efectele adverse rezultate din orice fel de contaminare a apei potabile. În situaţia în care se evidenţiază că prin calitatea ei o astfel de apă ar putea

Scanned with OKEN Scanner

constitui un potenţial pericol pentru sănătate, populaţiei afectate i se vor face de îndată recomandările de rigoare, conform Normelor de supraveghere, inspecţie sanitară şi monitorizare a calităţii apei potabile.

Condiţii de calitate

.....

Art. 5. - (1) Calitatea apei potabile destinate consumului uman trebuie să corespundă valorilor stabilite pentru parametrii prevăzuţi în anexa nr. 1. În privinţa parametrilor prevăzuţi în tabelul 3 din anexa nr. 1, valorile lor sunt stabilite în scopul evaluării calităţii apei potabile în programele de monitorizare şi în vederea îndeplinirii obligaţiilor prevăzute la art. 8.

(2) Ministerul Sănătăţii şi Familiei aprobă valori pentru parametrii suplimentari, care nu sunt incluşi în anexa nr. 1, la propunerea autorităţii de sănătate publică judeţene.

Art. 6. - (1) Calitatea apei potabile este corespunzătoare când valorile stabilite pentru parametri sunt în conformitate cu anexa nr. 1, în următoarele puncte de prelevare a probelor:

a) la robinetul consumatorului şi la punctul de intrare în clădire, în cazul apei potabile furnizate prin reţeaua de distribuţie;

b) la punctul de curgere a apei din cisternă, în cazul apei potabile furnizate în acest mod;

c) în punctul în care apa se pune în sticle sau în alte recipiente, în cazul apei potabile îmbuteliate;

d) în punctul din care apa este preluată în procesul de producţie, în cazul apei utilizate în industria alimentară.

.....

Monitorizare

.....

(5) Laboratoarele care efectuează monitorizarea apei potabile vor respecta specificaţiile referitoare la modul de analiză a parametrilor stabiliţi.

(6) Se pot utiliza şi alte metode de analiză în afara celor prevăzute, dacă se probează că rezultatele obţinute sunt comparabile.

.....

1. ***Parametri de calitate***

Parametrii de calitate sunt microbiologici (Tabel 1A, 1B), chimici (Tabel 2) şi parametri indicatori (Tabel 3)

.....

Tabel 1A

Parametri microbiologici

Parametru/Unitate de măsură	Valoare admisă
Escherichia coli (*E. coli*)/100 ml	0
Enterococi (Streptococi fecali)/100 ml	0

Scanned with OKEN Scanner

Tabel 1B

Parametri microbiologici pentru apa îmbuteliată în sticle sau alte recipiente

Parametru/Unitate de măsură	Valoare admisă
Escherichia coli (*E. coli*)/250 ml	0
Enterococi (Streptococi fecali)/250 ml	0
Pseudomonas aeruginosa/250 ml	0
Număr de colonii la 22^0 C/ml	100
Număr de colonii la 37^0 C/ml	20

Tabel 2

Parametri chimici

Parametru/Unitate de măsură	Valoare CMA
Acrilamida[1]) (µg/l)	0,10
Arsen (µg/l)	10
Benzen (µg/l)	1,0
Benz(a)piren (µg/l)	0,01
Bor (mg/l)	1,0
Bromati[2]) (µg/l)	10
Cadmiu (µg/l)	5,0
Clorura de vinil[1]) (µg/l)	0,50
Cianuri (totale) (µg/l)	50
Cianuri (libere) (µg/l)	10
Crom (total) (µg/l)	50
Cupru[3]) (mg/l)	0,1
Dicloretan (µg/l)	3,0
Epiclorhidrina[1]) (µg/l)	0,10
Fluor (mg/l)	1,2
Hidrocarburi policiclice aromatice[4]) (µg/l)	0,10
Mercur (µg/l)	1,0
Nichel[3]),[5]) (µg/l)	20
Nitrati[6]) (mg/l)	50
Nitriti[6]) (mg/l)	0,50
Pesticide[7]),[8]) (µg/l)/ clasa	0,10
Pesticide[7]),[9]) (µg/l)/ Total	0,50
Plumb[3]),[10]) (µg/l)	10
Seleniu (µg/l)	10
Stibiu (µg/l)	5,0
Tetracloretan şi Tricloretena (suma concentraţiilor compuşilor specificaţi) (µg/l)	10
Trihalometani[11])Total (suma concentraţiilor compuşilor specificaţi) (µg/l)	100

Scanned with OKEN Scanner

NOTĂ:

[1]) Valoarea se referă la concentraţia în apă a monomerului rezidual, calculată conform specificaţiilor privind concentraţia maximă eliberată de către polimer în contact cu apa. Staţiile de tratare vor notifica autorităţii de sănătate publică judeţene, respectiv a municipiului Bucureşti, utilizarea compusului în procesul de tratare a apei pentru potabilizare.

[2]) Unde este posibil, valoarea concentraţiei trebuie să fie cât mai joasă, fără a compromite eficienţa dezinfecţiei. Pentru apa la care se referă art. 6 alin. (1) lit. a), b) şi d) respectarea în practică a valorii se va realiza în maximum 10 ani de la în trarea în vigoare a prezentei legi, în primii 5 ani acceptându-se o valoare de 25 µg/l.

[3]) Valoarea se aplică la o probă de apă prelevată de la robinetul consumatorului printr-o metodă de prelevare adecvată, astfel încât să fie reprezentativă pentru cantitatea medie săptămânală ingerată de către consumator. Metoda de monitorizare trebuie să ţină seama şi de frecvenţa concentraţiilor maxime care pot cauza efecte asupra sănătăţii.

[4]) Pentru cupru se acceptă valoarea 2,0 mg/l, dacă reţeaua de distribuţie are componente din cupru, cu respectarea celor menţionate la pct. 3.

[5]) Compuşii specificaţi sunt: benzo(b)fluorantren, benzo(k)fluorantren, bezo(ghi)perilen, indeno(1,2,3-cd) piren.

[6]) Se va aplica următoarea formulă:

$$(\text{nitrat})/50 + (\text{nitrit})/3 <= 1$$

în care, concentraţiile de nitraţi şi nitriţi sunt exprimate în mg/L.

[7]) Prin *pesticide* se înţelege: insecticide, erbicide, fungicide, nematocide, acaricide, algicide, rodendicide, slimicide organice, compuşi înrudiţi (ca de exemplu: regulatori de creştere) şi metaboliţii relevanţi, produşii de degradare şi de reacţie. Se vor monitoriza numai pesticidele presupuse prezente în sursa de apă.

[8]) Concentraţia se referă la fiecare compus individual. Pentru aldrin, dieldrin, heptaclor şi heptaclor epoxid, concentraţia maximă este 0,030 µg/l.

[9]) Prin *Pesticide-Total* se înţelege suma tuturor compuşilor individuali, detectaţi şi cuantificaţi în urma procedurii de monitorizare.

[10]) Pentru apa la care se referă art. 6 alin. (1) lit. a), b) şi d) respectarea în practică a valorii se va realiza în maximum 15 ani de la intrarea în vigoare a prezentei legi, în primii 5 ani acceptându-se o valoare de 25 µg/l.

[11]) Concentraţia totală a THM trebuie să fie cât mai mică, fără a compromite dezinfecţia.

Compuşii individuali specificaţi sunt: cloroform, bromoform, dibromoclormetan, bromdiclormetan.

Pentru apa la care se referă art. 6 alin. (1) lit. a), b) şi d) respectarea în practică a valorii se va realiza în maximum 10 ani de la intrarea în vigoare a prezentei legi, în primii 5 ani acceptându-se o valoare de 150 µg/l pentru concentraţia totală a THM.

Scanned with OKEN Scanner

Tabel 3

Parametri indicatori

Parametru/Unitate de măsură	Valoare CMA
Aluminiu (µg/l)	200
Amoniu (mg/l)	0,50
Bacterii coliforme1)(numar/100 ml)	0
Carbon organic total (COT)[2)]	Nici o modificare
Cloruri[3)] (mg/l)	250
Clostridium perfringens (specia, inclusiv sporii (numar/100 ml)[4)]	0
Clor rezidual liber (mg/l): - la intrarea în retea - la capat de retea **	 0,50 0,25
Conductivitate[3)] (µS cm-1 la 20^{0}C)	2 500
Culoare	Acceptabilă consumatorilor şi nici o modificare anormală
Duritate totala (grade germane)	Minim 5
Fier (µg/l)	200
Gust	Acceptabilă consumatorilor şi nici o modificare anormală
Mangan (µg/l)	50
Miros	Acceptabilă consumatorilor şi nici o modificare anormală
Numar de colonii la 22^{0}C/ml	Nici o modificare anormală
Oxidabilitate[5)] (mg [O] /l)	5
pH[3)],[6)] (unitati de pH)	> = 6,5; < = 9,5
Sodiu (mg/l)	200
Substanţe tensioactive**)-Total (µg/l)	200
Sulfat[3)] (mg/l)	250
Sulfuri şi hidrogen sulfurat (µg/l)	100
Turbiditate[7)] (UNT)	< = 5
Zinc (µg/l)	5 000
Tritiu (Bq/l)[8)]	100
Doza efectiva totala de referinta[8)],[9)],[10)] (mSv/an)	0,10
Activitatea alfa globala (Bq/L)[11)]	0,10
Activitatea beta globala (Bq/L)[11)]	1

*) Legea 311/2004 nu include această valoare

**) Legea 311/2004 nu include acest parametru

NOTĂ:

[1)] Pentru apa îmbuteliată unitatea de măsură este număr/250 ml.

[2)] Acest parametru va fi măsurat numai pentru sistemele de aprovizionare care furnizează mai mult de 10.000 m*ƒ* pe zi.

[3)] Apa nu trebuie să fie agresivă.

Scanned with OKEN Scanner

[4]) Acest parametru trebuie monitorizat atunci când sursa de apă este de suprafaţă sau mixtă, iar în situaţia în care este decelat trebuie investigată şi prezenţa altor microorganisme patogene, ca de exemplu: criptosporidium.

[5]) Acest parametru se va analiza când nu se poate sau nu este prevăzută determinarea COT.

[6]) Pentru apa plată îmbuteliată valoarea minimă poate fi redusă până la 4,5 unităţi de pH. Pentru apa îmbuteliată care conţine în mod natural sau este îmbogăţită cu bioxid de carbon, valoarea pH poate fi mai mică.

[7]) Pentru apa rezultată din tratarea unei surse de suprafaţă nu se va depăşi 1,0 UNT (unităţi nefelometrice de turbiditate) înainte de dezinfecţie.

[8]) Frecvenţa, metodele şi localizările pentru monitorizare vor fi stabilite conform anexei nr. 2 pct. 1.3.

[9]) Doza efectivă totală de referinţă acceptată pentru un adult corespunde unui consum zilnic de 2 litri apa potabilă pe o durata de un an. Monitorizarea tritiului şi a radioactivităţii în apa potabilă se face în cazul în care nu există datele necesare pentru calcularea dozei efective totale. În situaţia în care este demonstrat pe baza unor monitorizări efectuate anterior ca nivelurile de tritiu la doza efectivă totală de referinţă sunt cu mult inferioare valorii parametrice, se poate renunţa la monitorizarea tritiului.

[10]) Exclusiv tritiu, potasiu-40, radon şi descendenţii radonului. Frecvenţa, metodele şi localizările pentru monitorizare vor fi stabilite conform anexei nr. 2 pct. 1.3.

[11]) Caracterizarea calităţii apei din punct de vedere al conţinutului radioactiv se face prin măsurarea activităţii alfa şi beta globală. În cazul în care valoarea de referinţă este depăşită, este necesară determinarea activităţii specifice a radionuclizilor, conform Normelor de supraveghere, inspecţie sanitară şi monitorizare a calităţii apei potabile.

Monitorizarea de control

1.1. Scopul acestei monitorizari este de a produce periodic informaţii despre calitatea organoleptică şi microbiologică a apei potabile, produsă şi distribuită, despre eficienţa tehnologiilor de tratare, cu accent pe tehnologia de dezinfecţie, în scopul determinării dacă apa potabilă este corespunzatoare sau nu din punct de vedere al valorilor parametrilor relevanţi stabiliţi prin prezenta lege.

1.2. Pentru monitorizarea de control sunt obligatorii următorii parametri:

Aluminiu[1)]
Amoniu
Bacterii coliforme
Culoare
Concentraţia ionilor de hidrogen (pH)
Conductivitate
Clorul rezidual liber[2)]
Clostridium perfringens[3)]
Escherichia coli
Fier[1), 4)]
Gust
Miros
Nitriţi[5)]
Oxidabilitate[6)]

Scanned with OKEN Scanner

Pseudomonas aeruginosa[7)]
Sulfuri şi hidrogen sulfurat[8)]
Turbiditate
Număr de colonii dezvoltate[7)] (22°C şi 37°C)

NOTĂ:

[1)] Numai acolo unde este folosit cu rol de coagulant.
[2)] Clorul rezidual liber trebuie să reprezinte minimum 80% din clorul rezidual total.
[3)] Acest parametru trebuie monitorizat atunci când sursa de apă este de suprafaţă sau mixtă, iar în situaţia în care este decelat trebuie investigată şi prezenţa altor microorganisme patogene, ca de exemplu criptosporidium.
[4)] Se vor determina ferobacteriile la staţiile de tratare unde se practică deferizarea apei.
[5)] Se va determina numai acolo unde este utilizat clorul sau substanţele clorigene pentru dezinfecţie.
[6)] Se va determina în situaţia în care dotarea tehnică nu permite determinarea COT.
[7)] Se va determina numai pentru apa îmbuteliată.
[8)] Se va determina numai în situaţia în care se practică desulfurizarea apei.

1.3. Ministerul Sănătăţii şi Familiei şi Ministerul Apelor şi Protecţiei Mediului vor decide în termen de 180 de zile de la publicarea prezentei legi în Monitorul Oficial al Romaniei, Partea I, frecvenţa, metodele şi localizările cele mai relevante pentru punctele de monitorizare din anexa nr. 2, luând în considerare prevederile importante existente în legislaţia din acest domeniu sau rezultatele obţinute din programele corespunzătoare de monitorizare.

1.4. Autoritatea de sănătate publică judeţeană poate completa lista de la pct. 1.2 cu alţi parametri relevanţi pentru condiţiile locale şi/sau pentru tehnologiile de tratare.

Scanned with OKEN Scanner

Anexa II

Directiva CE 98/83 din 3 noiembrie 1998, completată cu Decretul nr. 2001-1220 din 20.12. 2001 privind "Limitele de calitate pentru apa brută utilizată ca surse de apă potabilă"

Tabel IV

Condiţii de calitate pentru apa subterană

Clasa calitate / Parametru	Excelentă	Bună	Medie	Necorespunzătoare	Total necorespunzătoare
Conductivitate (µs/cm)	< 400	400 -1300	1300 - 2700	2700 - 3000	> 3000
Cloruri (mg/L)	< 200	200 - 300	300 - 750	750 -1000	> 1000
Nitraţi (mg/L)	< 5	5 - 25	25 - 50	50 -100	>100
Amoniac (mg/L)	≤ 0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 2	2 - 8	> 8
Substanţe organice (mg/L)	< 3	3 - 5	5 - 8	> 8	-
Coliformi fecali (/100 mL)	≤ 20	20 - 2000	2000 -20000	> 20000	-

Tabel V

Condiţii de calitate pentru apa de suprafaţă

Clasa calitate / Parametri	Excelentă	Bună	Medie	Necorespunzătoare	Total necorespunzătoare
Oxigen (mg/L)	> 7	7 - 5	5 - 3	3 - 1	< 1
CBO_5 (mg/L)	< 3	3 - 5	5 - 10	10 - 25	> 25
CCO (mg/L)	< 30	30 - 35	35 - 40	40 - 80	> 80
Amoniac (mg/L)	≤ 0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 2	2 - 8	> 8
Fosfor (mg/L)	≤ 0,1	0,1- 0,3	0.3 - 0.5	0.5 - 3	> 3
Coliformi fecali (/100 mL)	≤ 20	20 - 2000	2000-20000	> 20000	-

Scanned with OKEN Scanner

Condiţii de calitate pentru apa brută
(Directiva Europeană 98/83/CE din 3 noiembrie 1998, publicată în Decret 2001-1220 din 20 noiembrie 2001, revizuit la 01.01. 2006)

Tabel VI

Grupe de parametri	Parametri	G = valori ghid I = valori obligatorii					
		A1		A2		A3	
		G	I	G	I	G	I
Parametri organoleptici	Culoare (după filtrare simplă) mg/L	10	20	50	100	50	200
	Miros (factor de diluţie la 25°C)	3	-	10	-	20	-
Parametri fizico-chimici bazaţi pe structura naturala a apei	Conductibilitate µS/cm	1000	-	1000	-	1000	-
	Temperatură °C	22	25	22	25	22	25
	pH	6,5-8,5	-	5,5-9	-	5,5-9	-
	Cloruri (mg/L Cl)	200	-	200	-	200	-
	Sulfaţi (mg/L SO4)	150	250	150	250	150	250
	Materii în suspensie mg/L	25	-	-	-	-	-
	Consum biochimic de oxigen la 20°C, fără nitrificare (mg O2/L)	<3	-	<5	-	<7	-
	Consum chimic de oxigen (mg/L O2)	-	-	-	-	30	-
	Nivel de saturare în oxigen	>70	-	>50	-	>30	-
Parametri privind substanţele indezirabile	Nitraţi mg/LNO3	25	50	-	50	-	50
	Amoniac mg/LNH4	0,05	-	1	1,5	2	4
	Azot Kjeldhal, (mg/L N)]	1	-	2	-	3	-
	Hidrocarburi dizolvate sau emulsionate după extracţie,mg/L	-	0.005	-	0,2	0,5	1
	Fenoli (indice fenol, 4 aminoatipirină), mg/L	-	0,001	0,001	0,005	0,01	0,01
	Detergenţi (albastru de metileri), mg/L lauril sulfat	0,2	-	0,2	-	0,5	-
	Fer (mg/L Fe)	0,1	0,3	1	2	1	-
	Mangan (mg/L Mn)	0,05	-	0,1	-	1	-
	Cupru (mg/L Cu)	0,02	0,05	0,05	-	1	-
	Zinc (mg/L Zn)	0,5	3	1	5	1	5
	Fosfor (mg/L P2O5)	0,4	-	0,7	-	0,7	-
	Fluor (mg/L F)	0,7-1	1,5	0,7-1,7	-	0,7-1,7	-
	Bor (mg/L B)	1	-	1	-	1	-
	Bariu (mg/L Ba)	-	0,7	-	1	-	1

Scanned with OKEN Scanner

Grupe de parametri	Indicatori	G = valori ghid / I = valori obligatorii					
		A1		A2		A3	
		G	I	G	I	G	I
Parametri privind substanţele toxice	Arsen (µg/L As)	-	10	-	50	50	100
	Cadmiu (µg/L Cd)	1	5	1	5	1	5
	Cianuri (µg/L CN)	-	50	-	50	-	50
	Crom (µg/L Cr)	-	50	-	50	-	50
	Plumb (µg/L Pb)	-	50	-	50	-	50
	Mercur (µg/L Hg)	0,5	1	0,5	1	0,5	1
	Seleniu (µg/L Se)	-	10	-	10	-	10
	Hidrocarburi policiclice aromatice	-	0,2	-	0,2	-	1
Pesticide	Total	-	0,5 *	-	0,5 *	-	5
	Pe substanţa individuală	-	0,1	-	0,1	-	2
Parametri microbiologici	Coliformi totali 37°C	50	-	5000	-	50000	-
	Escherichia coli /100 ml	20	-	2000	-	20000	-
	Enterococus /100ml	20	-	1000	-	10000	-
	Salmonella	abs. in 5000 mL	-	abs. in 5000 mL	-	-	-

Nota 1: fluoranten, benzo 3-4 fluoranten, benzo 11-12 fluoranten, benzo 3,4 piren, benzo 11-12 perilen

Nota 2: pentru aldrin, dieldrin, heptaclor şi heptaclor-epoxid limita impusă este 0,03(µg/L)

Nota 3: Aceste valori nu se aplică la apele de suprafaţă utilizate direct, fără diluţie prealabilă.

Scanned with OKEN Scanner

Condiţii de potabilitate a apei
Directiva Europeană 98/83/CE din 3 noiembrie 1998
(Decret 2001-1220 din 20 noiembrie 2001, revizuit la 01.01.2006)

Tabel VII

Indicatorul	Concetraţia maximă admisă	Observaţii
Escherichia coli	0/100 mL	
Enterococus	0/100 mL	
1,2 dicloretan	3,0 µg/L	
Acrilamidă	0,10 µg/L	
Amoniu	0,50 µg/L	1
Arsen	10 µg/L	
Bariu	0,7 mgL	
Benzen	1,0 µg/L	
Benzopiren	0,010 µg/L	
Bor	1,0 mg/L	
Bromaţi	10 µg/L	2
Cadmiu	5,0 µg/L	
Clorură de vinil	0,5 µg/L	
Crom	50 µg/L	
Cupru	2,0 mg/L	
Cianuri totale	50 µg/L	
Epiclorhidrina	0,10 µg/L	
Fluoruri	1,5 mg/L	
Hidrocarburi aromatice policlice	0,1 µg/L	
Mercur	1,0 µg/L	
Mycrocistină LR	1 µg/L	
Nichel	20 µgLl	
Nitraţi	50 mg/L	3
Nitriţi	0,5 mg/L	3
Pesticide	0,1 µg/L	3
Plumb	10 µg/L	5
Seleniu	10 µg/L	
Tetracloroetilena şi Triclor etilena	10 µg/L	
Trihalometani (THM)	100 µg/L	6
Pesticide totale	0,50 µg/L	4
Turbiditate	1 NFU	7

(1) Amoniu: limita este fixată la 0,5 mg/L pentru apele subterane, dacă amoniul prezent este de origine naturală;
(2) Bromaţi: pâna la 25.12.2008, limita fixată este de 0,25µg/l; valori mai mici, după această dată sunt fixate, dar fără a compromite dezinfecţia;

Scanned with OKEN Scanner

(3) Nitraţi şi nitriţi: la ieşirea din instalaţii concentraţia în nitriţi trebuie să fie mai mică sau egală cu 0,1 mg/L. este obligatoriu ca:

$$[NO_3^-]/50+[NO_2^-]/3<1.$$

(4) Pesticide compuşi organici: insecticide, erbicide, insecticide, acaricide, algicide, rodenticide, antifungice, biostimulatori,metaboliţii şi produşii de degradare.Pentru compuşii individuali limita este de 0,1µg/L, cu excepţia aldrinului, dieldrinului, heptaclorului şi heptachlor-epoxid, pentru care limita este 0,03 µg/L;

(5) Plumb: limita este fixată la 10 µg/L. În prezent, până la 25.12 2013, limita este fixată la 25µg/L. Legea interzice utilizarea conductelor din plumb;

(6) Trihalometani: chloroform, bromoform, bromdiclor-metan, dibromclor-metan. Până la 25.12.2008 limita fixată este 150µg/L. Valoarea poate fi mai mică, cu condiţia să nu fie compromisă dezinfecţia;

(7) Turbiditatea: dacă se aplică un tratament de neutralizare şi remineralizare, limita se aplică după tratament: Până la 25.12.2008 limita este fixată la 2 NFU, pentru sursa care aprovizionează mai puţin de 5 000 de locuitori (în jur de 1000 m^3/zi; pentru volume mai mari de apă, limita este fixată la 0,5 NFU.

Scanned with OKEN Scanner

Anexa III

Directiva 2008/50/CE a Parlamentului European şi a consiliului din 21 mai 2008 privind calitatea aerului înconjurător şi un aer mai curat pentru Europa

(Jurnalul Oficial al Uniunii Europene, L 152, 11.06.2009, p. 1- 44)

.....

Prezenta directivă stabileste măsuri care urmăresc:

1. definirea şi stabilirea obiectivelor pentru calitatea aerului înconjurător destinate să evite, să prevină sau să reducă efectele dăunătoare asupra sănătăţii umane şi a mediului ca întreg;
2. evaluarea calităţii aerului înconjurător în statele membre pe baza unor metode şi criterii comune;
3. obţinerea de informaţii privind calitatea aerului înconjurător pentru a ajuta la combaterea poluării aerului şi a neplăcerilor cauzate de aceasta şi pentru a monitoriza pe termen lung tendinţele şi îmbunătăţirile care rezultă în urma măsurilor luate la nivel naţional şi comunitar;
4. garantarea faptului că aceste informaţii privind calitatea aerului înconjurător sunt puse la dispoziţia publicului;
5. menţinerea calităţii aerului acolo unde este corespunzătoare şi îmbunătăţirea acesteia în alte cazuri;
6. promovarea unei cooperări crescute între statele membre în vederea reducerii poluării aerului.

Articolul 2

Definiţii

În înţelesul prezentei directive:

1. „aer înconjurător" înseamnă aerul troposferic, cu excepţia locurilor de muncă astfel cum sunt definite de Directiva 89/654/CEE, cărora li se aplică dispoziţiile privind sănătatea şi siguranţa la locul de muncă şi la care publicul nu are în mod normal acces;
2. „poluant" înseamnă orice substanţă prezentă în aerul înconjurător şi care poate avea efecte dăunătoare asupra sănătăţii umane şi/sau a mediului ca întreg;
3. „nivel" înseamnă concentraţia unui poluant în aerul înconjurător sau depunerea acestuia pe suprafeţe într-o perioadă de timp
4. „evaluare" înseamnă orice metodă folosită pentru a măsura, calcula, prognoza sau estima niveluri;
5. „valoare-limită" înseamnă un nivel fixat pe baza cunoasterii stiinţifice, în scopul de a evita, preveni sau reduce efectele dăunătoare asupra sănătăţii umane şi/sau a mediului ca întreg, care se doreşte a fi atins într-o perioadă dată şi care nu trebuie depăşit odată atins;
6. „nivel critic" înseamnă un nivel fixat pe baza cunoasterii stiinţifice, dincolo de care se pot produce efecte adverse pentru anumiţi receptori, cum ar fi copacii, alte plante sau ecosisteme naturale, dar nu pentru oameni;
7. „marja de toleranţă" înseamnă procentajul din valoarea-limită cu care poate fi

Scanned with OKEN Scanner

depăsită acea valoare conform condiţiilor stabilite în prezenta directivă;

8. „planuri privind calitatea aerului" înseamnă planuri care stabilesc măsuri pentru a atinge valorile-limită sau valorile-ţintă;
9. „valoare-ţintă" înseamnă un nivel fixat cu scopul de a evita, preveni sau reduce efectele dăunătoare asupra sănătăţii umane şi/sau asupra mediului ca întreg, care se doreşte a fi atins, în cazul în care este posibil, într-o perioadă dată;
10. „prag de alertă" înseamnă un nivel dincolo de care există un risc pentru sănătatea populaţiei în general, la o expunere de scurtă durată şi la atingerea căruia statele membre trebuie să ia imediat măsuri;
11. „prag de informare" înseamnă un nivel dincolo de care o expunere de scurtă durată prezintă un risc pentru sănătatea unor categorii ale populaţiei cu o sensibilitate deosebită şi la atingerea căruia sunt necesare informaţii imediate şi adecvate;
12. „prag superior de evaluare" înseamnă un nivel sub care, pentru a evalua calitatea aerului înconjurător, poate fi folosită o combinaţie de măsurători în puncte fixe şi tehnici de modelare şi/sau măsurători indicative;
13. „prag inferior de evaluare" înseamnă un nivel sub care, pentru a evalua calitatea aerului înconjurător, este suficient să se folosească numai tehnicile de modelare sau de estimare obiectivă;
14. „obiectiv pe termen lung" înseamnă un nivel care se doreşte a fi atins pe termen lung, cu excepţia cazurilor când acest lucru nu este realizabil prin măsuri proporţionale, cu scopul de a furniza o protecţie eficace a sănătăţii umane şi a mediului;
15. „contribuţii din surse naturale" înseamnă emisii de poluanţi care nu rezultă direct sau indirect din activităţi umane, inclusiv evenimente naturale, cum ar fi erupţiile vulcanice, activităţile seismice, activităţile geotermale, focurile de pe terenuri necultivate, vânturile violente, apa de mare vaporizată sau resuspensia în atmosferă ori transportul unor particule naturale provenind din zone deşertice;
16. „zonă" înseamnă o parte a teritoriului unui stat membru delimitată de acesta în scopul evaluării şi gestionării calităii aerului;
17. „aglomerare" înseamnă o zonă urbană care constituie o conurbaţie cu o concentrare a populaţiei de peste 250 000 de locuitori sau, acolo unde populaţia este de 250 000 de locuitori sau mai mică, cu o densitate a populaţiei pe km2 care urmează să fie stabilită de către statele membre;
18. „PM10" înseamnă pulberile în suspensie care trec printr-un orificiu de selectare astfel cum este definit de metoda de referinţă pentru prelevarea şi măsurarea PM10, EN 12341, cu un randament de separare de 50 % pentru un diametru aerodinamic de 10 µm;
19. „PM2,5" înseamnă pulberile în suspensie care trec printr-un orificiu de selectare astfel cum este definit de metoda de referinţă pentru prelevarea şi măsurarea PM2,5, EN 14907 cu un randament de separare de 50 % pentru un diametru aerodinamic de 2,5 µm;
20. „indicatorul mediu de expunere" înseamnă un nivel mediu determinat pe baza unor măsurători efectuate în locaţiile de fond urbane de pe teritoriul unui stat membru şi care reflectă expunerea populaţiei. Acesta este folosit pentru a calcula valoarea-ţintă naţională de reducere a expunerii şi obligaţia referitoare la concentraţia de expunere;

Scanned with OKEN Scanner

21. „obligaţia referitoare la concentraţia de expunere" înseamnă un nivel fixat pe baza indicatorului mediu de expunere cu scopul de a reduce efectele dăunătoare asupra sănătăţii umane, care se doreste a fi atins într-o perioadă dată;
22. „valoarea-ţintă naţională de reducere a expunerii" înseamnă reducerea procentuală a expunerii medii a populaţiei unui stat membru, stabilită pentru anul de referinţă cu scopul de a reduce efectele dăunătoare asupra sănătăţii umane, care se doreste a fi atins, acolo unde este posibil, într-o perioadă dată;
23. „locaţii de fond urbane" înseamnă locuri din zonele urbane în care nivelurile sunt reprezentative pentru expunerea populaţiei urbane în general;
24. „oxizi de azot" înseamnă suma raportului concentraţiilor volumice amestecate (ppbv) de monoxid de azot (oxid nitric) şi de dioxid de azot, exprimate în unităţi de concentraţie masică a dioxidului de azot (µg/m3);
25. „măsurători în puncte fixe" înseamnă măsurători efectuate în locuri fixe, fie continuu, fie prin prelevări aleatorii de probe pentru a determina nivelurile în conformitate cu obiectivele relevante de calitate a datelor;
26. „măsurători indicative" înseamnă măsurători care respectă obiective de calitate a datelor mai puţin stricte decât cele pentru măsurătorile în puncte fixe;
27. „compusi organici volatili" (COV) înseamnă compuşii organici proveniţi din surse antropice şi biotice, alţii decât metanul, care pot produce oxidanţi fotochimici prin reacţie cu oxizii de azot în prezenţa luminii solare;
28. „substanţe precursoare ale ozonului" înseamnă substanţele care contribuie la formarea ozonului de la nivelul solului, unele fiind enumerate în anexa 10.

.....

Determinarea cerinţelor pentru evaluarea concentraţiilor de dioxid de sulf, dioxid de azot şi oxizi de azot, pulberi în suspensie (PM 10 şi PM 2,5), plumb, benzen şi monoxid de carbon în aerul înconjurător într-o anumită zonă sau aglomerare.

Praguri superioare şi inferioare de evaluare

Se aplică următoarele praguri superioare şi inferioare de evaluare:

1. *Dioxid de sulf*

Protecţia sănătăţii Protecţia vegetaţiei

Pragul superior de evaluare 60 % din valoarea-limită pentru 24 de ore (75 µg/m3, a nu se depăsi de mai mult de 3 ori într-un an calendaristic) 60 % din nivelul critic pentru perioada de iarnă (12 µg/m3)

Pragul inferior de evaluare 40 % din valoarea-limită pentru 24 de ore (50 µg/m3, a nu se depăsi de mai mult de 3 ori într-un an calendaristic) 40 % din nivelul critic pentru perioada de iarnă (8 µg/m3)

2. *Dioxid de azot şi oxizi de azot*

Valoarea-limită orară pentru protecţia sănătăţii umane (NO2)

Valoarea-limită anuală pentru protecţia sănătăţii umane (NO2)

Nivelul critic anual pentru protecţia vegetaţiei şi a ecosistemelor naturale (NOx)

Pragul superior de evaluare 70 % din valoarea-limită (140 µg/m3, a nu se depăsi mai mult de 18 ori într-un an calendaristic) 80 % din valoarealimită (32 µg/m3) 80 % din nivelul critic (24 µg/m3)

Pragul inferior de evaluare 50 % din valoarea-limită (100 µg/m3, a nu se depăsi mai mult de 18 ori într-un an calendaristic) 65 % din nivelul critic (26 µg/m3)

Scanned with OKEN Scanner

65 % din nivelul critic (19,5 µg/m3)

3. *Pulberi în suspensie (PM10/PM2,5)*

Media pe 24 de ore PM10 Media anuală PM10 Media anuală PM2,5 (1)

Pragul superior de evaluare 70 % din valoarea-limită (35 µg/m3, a nu se depăsi mai mult de 35 ori într-un an calendaristic) 70% din valoarealimită (28 µg/m3) 70 % din valoarea limită (17 µg/m3)

Pragul inferior de evaluare 50 % din valoarea-limită (25 µg/m3, a nu se depăsi mai mult de 35 ori într-un an calendaristic) 50% din valoarealimită (20 µg/m3) 50 % din valoarea limită (12 µg/m3)

(1) Pragul superior de evaluare şi pragul inferior de evaluare pentru PM2,5 nu se aplică măsurătorilor efectuate pentru evaluarea conformităţii cu obiectivul de reducere a expunerii la PM2,5 pentru protecţia sănătăţii umane.

4. *Plumb*

Medie anuală

Pragul superior de evaluare 70 % din valoarea-limită (0,35 µg/m3)

Pragul inferior de evaluare 50 % din valoarea-limită (0,25 µg/m3)

5. *Benzen*

Medie anuală

Pragul superior de evaluare 70 % din valoarea-limită (3,5 µg/m3)

Pragul inferior de evaluare 40 % din valoarea-limită (2 µg/m3)

6. *Monoxid de carbon*

Media pe 8 ore

Pragul superior de evaluare 70 % din valoarea-limită (7 µg/m3)

Pragul inferior de evaluare 50 % din valoarea-limită (5 µg/m^3)

Metode de referinţă pentru măsurători

1. *Metoda de referinţă pentru măsurarea dioxidului de sulf*

Metoda de referinţă pentru măsurarea dioxidului de sulf este cea descrisă în EN 14212:2005 „Calitatea aerului înconjurător – Metodă standard de măsurare a concentraţiei de dioxid de sulf prin fluorescenţă în ultraviolet".

2. *Metoda de referinţă pentru măsurarea dioxidului de azot şi a oxizilor de azot*

Metoda de referinţă pentru măsurarea dioxidului de azot şi a oxizilor de azot este cea descrisă în EN 14211:2005 „Calitatea aerului înconjurător – Metodă standard de măsurare a concentraţiei de dioxid de azot şi oxizi de azot prin chemiluminescenţă".

3. *Metoda de referinţă pentru prelevarea şi măsurarea plumbului*

Metoda de referinţă pentru prelevarea plumbului este cea descrisă în secţiunea A punctul 4 din prezenta anexă.

Metoda de referinţă pentru măsurarea plumbului este cea descrisă în EN 14902:2005 „Metoda standard de măsurare a Pb/Cd/As/Ni infracţiune PM10 din pulberile în suspensie".

4. *Metoda de referinţă pentru prelevarea şi măsurarea concentraţiei de PM10*

Metoda de referinţă pentru prelevarea şi măsurarea concentraţiei de PM10 este cea descrisă în EN 12341:1999 „Calitatea aerului – Determinarea concentraţiei de PM10 din pulberea în suspensie – Metoda de referinţă şi procedura de testare pe teren pentru demonstrarea echivalenţei metodelor de măsurare cu cea de referinţă".

5. *Metoda de referinţă pentru prelevarea şi măsurarea PM2,5*

Metoda de referinţă pentru prelevarea şi măsurarea PM2,5 este cea descrisă în EN 14907:2005 „Metoda standard de măsurare gravimetrică pentru determinarea fracţiunii masice de PM2,5 din pulberile în suspensie".

Scanned with OKEN Scanner

6. *Metoda de referinţă pentru prelevarea şi măsurarea benzenului*

Metoda de referinţă pentru măsurarea benzenului este descrisă în EN 14662:2005, părţile 1, 2 şi 3 „Calitatea aerului înconjurător – Metoda standard de măsurare a concentraţiilor de benzen".

7. *Metoda de referinţă pentru măsurarea monoxidului de carbon*

Metoda de referinţă pentru măsurarea monoxidului de carbon este cea descrisă în EN 14626:2005 „Calitatea aerului înconjurător – Metodă standard de măsurare a concentraţiei de monoxid de carbon prin spectroscopie în infrarosu nedispersiv".

8. *Metoda de referinţă pentru măsurarea concentraţiei de ozon*

Metoda de referinţă pentru măsurarea ozonului este descrisă în EN 14625:2005 „Calitatea aerului înconjurător – Metodă standard de măsurare a concentraţiei de ozon prin fotometrie în ultraviolet".

.....

Măsurătorile substanţelor precursoare ale ozonului

A. **Obiectivele**

Aceste măsurători au ca obiective principale analizarea oricărei evoluţii a substanţelor precursoare ale ozonului, verificarea eficacităţii strategiilor de reducere a emisiilor, verificarea coerenţei inventarelor de emisii şi contribuirea la stabilirea de legături între sursele de emisie şi concentraţiile de poluanţi observate.

Un alt obiectiv este contribuirea la o mai bună înţelegere a proceselor de formare a ozonului şi de dispersie a substanţelor precursoare ale acestuia, precum şi aplicarea modelelor fotochimice.

B. **Substanţele**

Măsurătorile substanţelor precursoare ale ozonului includ cel puţin oxizii de azot (NO şi NO2) şi compuşii organici volatili (COV) adecvaţi. O listă a compuşilor organici volatili pentru care sunt recomandate măsuri este prezentată în tabelul nr. 4:

Tabel 4

Compuşii organici volatili pentru care este necesară reducerea emisiilor

Metan	1-Butenă	Izopren	Etil-benzen
Etan	Trans -2-Butenă	n-Hexan	şi p-Xilen
Etilenă	Cis -2-Butenă	i-Hexan	o-Xilen
Acetilenă	1,3-Butadienă	n-Heptan	1,2,4-Trimetilbenzen
Propan	n-Pentan	n-Octan	1,2,3-Trimetilbenzen
Propenă	i-Pentan	i-Octan	1,3,5-Trimetilbenzen
n-Butan	1-Pentenă	Benzen	Formaldehidă
i-Butan	2-Pentenă	Toluen	Hidrocarburi totale, altele decât metanul

.....

Scanned with OKEN Scanner

Pragurile de informare şi de alertă

Pragurile de alertă pentru alţi poluanţi în afara ozonului (Tabel 5A, Tabel 5B) trebuie măsurate timp de trei ore consecutive, în locuri reprezentative pentru calitatea aerului pe cel puţin 100 km^2 sau într-o zonă sau aglomerare întreagă; oricare dintre acestea este mai mică.

Tabel VII A

Pragul de alertă pentru dioxid de azot şi dioxid de sulf

Poluant	Prag de alertă
Dioxid de sulf	500 $\mu g/m^3$
Dioxid de azot	400 $\mu g/m^3$

Tabel VII B

Pragul de informare şi de alertă pentru ozon

Obiectiv	Perioada de calculare a mediei	Prag
Informare	1 oră	180 $\mu g/m^3$
Alerta	1 oră	240 $\mu g/m^3$

.....

Scanned with OKEN Scanner

Bibliografie selectivă

1. Abdel-Rahman M.S., - ***The presence of trihalomethanes in soft drinks***; J. Appl. Toxicol, 1982, 3: 165 - 189;
2. Aizawa T., Magara Y., Musashi M., - ***Effect of bromide ions on trihalomethane (THM) formation in water.*** Aqua, 1989, 3: 195 - 220;
3. Aschengrau A., Zierler S., Cohen A., - ***Quality of community drinking water and the occurrence of late adverse pregnancy outcomes.*** Arch Environ. Health, 1989, 5: 283-290;
4. Boorman G.A., - ***Drinking water disinfection by products: review and approach to toxicity evaluation.*** Environ. Health. Perspect, 1999, supplement1: 207-217;
5. Cuciureanu R., - ***Elemente de Igiena mediului,*** Editura Junimea, Iaşi, 2007;
6. Cuciureanu R., - ***Elemente de Igiena mediului şi a alimentaţiei,*** *Editura Junimea,* Iaşi, 2002;
7. Cuciureanu R., - ***Chimia şi Igiena mediului şi alimentului. Metode de analiză.*** Ediţia a II-a revizuită şi adăugită, Editura Gr.T.Popa Iaşi, 2003;
8. Decun M.,- ***Igiena animalelor şi mediului,*** Editura Walpress Timişoara, 2007;
9. Desjardins R., - ***Le traitement des eaux,*** Editions de l'ecole polytechnique de Montreal. Montreal, 1988;
10. Lebel G.L., Williams D.T., - ***Etude d'un an sur les sous-produits de désinfection halogènes dans le réseau de distribution d'usines de traitement utilisant trois différents procédés de désinfection.*** Rapport 96-EHD-206, Direction de l'hygiène du milieu, Santé Canada, Ottawa. 1996;
11. Meier. JR., - ***Genotoxic activity of organic chemicals in drinking water,*** Mutat Res, 1988. 196(3), 211-245;
12. Vandentoren S., Dor T., Bonvallot N., - ***Evaluation des risques sanitaires des sous produits de chloration de l'eau potable;*** Maison Alfort, *2004;*
13. *** - ***Air Quality Guidlines for Europe,*** WHO, Second Edition, Regional Publications, 1997;
14. *** - ***Assessment of the toxicology of trihalomethanes (THMs) in drinking water.*** Global Tox. . International Consultants Inc. Final report. Prepare pour Santé Canada, 2002;
15. *** - ***Directives de l'OMS pour la Journée mondiale de l'Eau.*** 2e édition. Vol. Geneve: OMS, 1993;
16. *** - ***Directive Européenne 98/83/CE (Decret n° 2001/1220 du 20.12.2001 et code de la santé publique, relatifs eaux destinées à la consomation humaine).***
17. *** - ***Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine.*** Institut National de Santé publique du Québec: Groupe scientiphique sur l'eau,; 2002 -2003;

Scanned with OKEN Scanner

18. *** - ***Directiva 2008/50/CE a Parlamentului European şi a Consiliului din 21 mai 2008 privind calitatea aerului înconjurător şi un aer mai curat pentru Europa***, Jurnalul Oficial al Uniunii Europene, L 152, 11.06.2009;
19. *** - ***Legea 458/ 2002 privind calitatea apei potabile,*** cu modificările şi completările ulterioare (Legea 311/2004), Monitorul Oficial al României, Parte I, nr.304/30.12.2002;
20. *** ***Legea protecţiei mediului,*** nr. 137/1995, cu modificările şi completările ulterioare (OUG 152/2005), Monitorul Oficial al României, Partea I, nr.552/29.07.2002;
21. *** - ***L'environnement dans Union Européenne a l'aube du XXIeme siècle,*** Agence européenne pour l'environnement, Copenhague, 1999;
22. *** World Health Organization, ***Environmental Health Criteria 216. Desinfectants and desinfectant by-products,*** Geneva, 2002;
23. *** - ***Water treatment Handbook,*** Degremont, vol I-II, Sixth Edition, Lavoisier publishing, 1991;
24. *** - www.who.int. Water_sanitation_health/discascs/ ***OMS, Maladies liées à l'eau;*** 2001 -2005;
25. *** - STAS 12574/87, ***Condiţii de calitate pentru aerul atmosferic din zone protejate,*** cu modificările şi completările ulterioare ***(Legea 665/2001),*** Monitorul Oficial al României, Partea I, nr.262/21.10.2002.
26. *** - www.gls.fr./memotec: Memotec 1 - Memotec 40;

Scanned with OKEN Scanner

① O_1 CO_2 H_2S
Patologia hidrică neinfect
Indice de confort termic

② Coag cu săruri de Al
Purif apei rezid. prin metode siol. năt.
Ingl aer atmosferic asupra org. uman
- temp umid.

③ Dezinf apei cu clor
Aport de fluor s/ patologia umană
Indic poluării chimice a solului.

④ Poluarea aerului
Coag apei - floculanti
Patologie iod

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner